



TUGAS AKHIR - SF 141501

STUDI AWAL PENGUKURAN KOEFISIEN HAMBURAN DAN POLA HAMBURAN *CONCAVE- CONVEX* DIFUSER DARI TEMPURUNG KELAPA MUDA

EVI DWIYANTI
NRP 1112100097

Dosen Pembimbing
Dr. Suyatno, M.Si.
Susilo Indrawati, M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SF 141501

**STUDI AWAL PENGUKURAN KOEFISIEN
HAMBURAN DAN POLA HAMBURAN *CONCAVE-
CONVEX* DIFUSER DARI TEMPURUNG KELAPA
MUDA**

**Evi Dwiyanti
NRP 1112 100 097**

**Dosen Pembimbing I
Dr.Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si**

**Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SF 141501

***A PRELIMINARY STUDY ON THE MEASUREMENT
OF SCATTERING COEFFICIENT AND SCATTERING
PATTERN MEASUREMENT STUDY OF CONCAVE-
CONVEX DIFFUSER FROM COCONUT SHELL***

Evi Dwiyanti
NRP 1112 100 097

Advisor
Dr. Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si

Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI AWAL PENGUKURAN KOEFISIEN HAMBURAN DAN POLA HAMBURAN *CONCAVE-CONVEX* DIFUSER DARI TEMPURUNG KELAPA MUDA

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas
Akhir Program Strata 1
Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

EVI DWIYANTI

NRP 1112100097

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Suyatno, M.Si

NIP. 197606202002121004

Susilo Indrawati, M.Si

NIP. 1100201301001



STUDI AWAL PENGUKURAN KOEFISIEN HAMBURAN DAN POLA HAMBURAN CONCAVE-CONVEX DIFUSER DARI TEMPURUNG KELAPA MUDA

Nama : Evi dwiyanti
NRP : 1112100097
Jurusan : Fisika, FMIPA ITS
Pembimbing : Dr. Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si

Abstrak

Penelitian tentang pengukuran koefisien hamburan dan pola hamburan pada concave-convex difuser dengan tujuan untuk mengetahui nilai koefisien hamburan concave-convex difuser dan mengetahui pola hamburan concave-convex difuser. Pada penelitian ini digunakan reverberation room dan anechoic chamber fisika fmipa ITS. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan disimpulkan bahwa pada sudut 0 derajat nilai yang paling besar adalah difuser dengan pola concave 100% pada frekuensi 500 Hz yaitu 0,84. Pada sudut 30 derajat nilai yang paling besar adalah difuser dengan pola concave 100% pada frekuensi 250 Hz yaitu 0,53 . Pada sudut 60 derajat nilai yang paling besar pada pola concave-convex pada frekuensi 4000 Hz yaitu 0,99. Pada pola hamburan, berdasarkan pengukuran didapat bahwa semakin tinggi frekuensi sumber bunyi yang diberikan semakin besar pula penambahan SPL yang terjadi. Pada pola hamburan difuser convex 50% memiliki karakter yang signifikan di frekuensi tinggi.

Kata kunci: *Koefisien hamburan, Pola hamburan, Tempurung kelapa muda.*

**A PRELIMINARY STUDY ON THE MEASUREMENT OF
SCATTERING COEFFICIENT AND SCATTERING
PATTERN OF CONCAVE-CONVEX DIFFUSER FROM
YOUNG COCONUT SHELL**

Name : Evi Dwiyanti
NRP : 1112100097
Major : Fisika, FMIPA-ITS
Advisor : Dr. Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si

Abstract

Research on measurement of scattering coefficient and scattering patterns in concave-convex diffuser to determine the value of the scattering coefficient concave-convex diffuser and determine the pattern of concave-convex scattering diffuser. This research used reverberation room and anechoic chamber in ITS Physics Laboratory. Results of measurements that have been carried out concluded that the angle of 0 degrees greatest value is the diffuser with a concave pattern of 100% at 500 Hz which frekuensi 0,84. Pada 30 degree angle greatest value is the diffuser with a concave pattern of 100% at a frequency of 250 Hz is 0.53. At an angle of 60 degrees the largest value in the concave-convex pattern at a frequency of 4000 Hz is 0.99. In the scattering patterns, found that the higher the frequency of the sound source is given the greater the addition of SPL happened. In the scattering pattern convex diffuser 50% had a significant character in the high frequencies.

Keywords: Scattering coefficient, Scattering pattern, Young coconut Shell

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobil Alamain, segala puja dan puji syukur keharidat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmatnya. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita lepas dari kebohodohan serta para sahabatnya, atas kemurahanMu sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul:

"STUDI AWAL PENGUKURAN KOEFISIEN HAMBURAN DAN POLA HAMBURAN *CONCAVE-CONVEX* DIFUSER DARI TEMPURUNG KELAPA MUDA"

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan sebagai sarjana sains di Jurusan Fisika FMIPA ITS. Tugas akhir ini berisi hasil penelitian yang dilakukan penulis yang berhubungan dengan bidang ilmu yang penulis pelajari. Adapun tugas akhir ini merancang, membuat, menganalisa dan mengukur koefisien hamburan dan pola hamburan dari sebuah difuser berbahan dari tempurung kelapa muda dan berhubungan dengan kualitas sebuah difuser.

Selama pengerjaan ini penulis telah banyak memperoleh bantuan baik moril maupun materil, baik langsung maupun tidak langsung. Karena itu dengan terselesaikannya laporan tugas akhir ini saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, bapak Kasmono dan almh ibu wati yang selalu memberikan dukungan materil maupun doa restu yang tak henti-hentinya dan semua hal yang terbaik bagi penulis.
2. Bapak Drs. Hasto Sunarno, M.Sc, selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan dan arahan selama perkuliahan.

3. Bapak Dr. Suyatno, M.Si selaku dosen pembimbing yang selalu memberi dukungan, semangat dan arahan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Ibu Susilo Indrawati, M.Si selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing, memberikan arahan dan sabar menghadapi penulis.
5. Teman-teman pejuang akustik, gita, andi, beta, aul, haikal, wildan yang selalu menemani, membantu, dan menghibur penulis dikala *down* dan *stress* dan memberikan keceriaan penulis.
6. Adek-adek gemes, icul, befie, selfi, adib, tejo, yang membantu penulis dalam pengambilan data.
7. Sahabatku tercinta, rizal, ghina, wahyu, elis, ning, mega, haiyin, meli, rina, dea yang selalu memberikan semangat dan dukungan penulis.
8. Masku Freesky Marvel A.P yang tidak henti-hentinya mengingatkan, memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
9. Teman-teman fisika FBI 2012 yang menjadi keluarga baru buat penulis dan mengajarkan apa itu kesolidan.
10. Teman-teman, senior dan adek-adek IFLS yang selalu memberikan hiburan dikala susah, down dan sumpek dalam pengerjaan laporan.
11. Dan kepada semua yang membantu penulis menyelesaikan penulisan yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai tambahan ilmu. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita, terutama bagi seluruh mahasiswa fisika.

Surabaya, desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Bunyi	5
2.2 Pemantulan Bunyi	6
2.3 Penyerapan bunyi	7
2.4 Difusi Bunyi	8
2.5 Difraksi Bunyi	9
2.6 Diffuser.....	10
2.6.1 maximum Lenght Sequences Diffuser.....	10
2.6.2 quadratic residue diffuser.....	11
2.7 Koefisien Hamburan(Scattering).....	11
2.8 Waktu Dengung.....	14
2.9 Tempurung kelapa muda.....	15

BAB III METODOLOGI	17
3.1 Tahap-tahap Penelitian.....	17
3.2 Studi Literatur	18
3.3 Pengenalan Alat	19
3.4 Pembuatan Difuser	20
3.4.1 Proses pembuatan.....	21
3.4.2 Proses penyusunan.....	21
3.5 Pengambilan data	23
3.5.1 Metode Pengukuran Koefisien <i>Scattering</i>	23
3.5.2 Metode Pengukuran Pola Hamburan	25
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	29
4.2 Analisa data.....	29
4.1.1 Koefisien <i>Scattering</i>	29
4.1.2 Pola hamburan	31
4.2 Pembahasan.....	34
4.2.1Pengukuran koefisien scattering.....	34
A. Pengaruh sudut terhadap koefisien Hamburan.....	34
B Pengaruh pola variasi tempurung kelapa muda terhadap koefisien hamburan bunyi	37
C Pengaruh frekuensi terhadap koefisien hamburan.....	38
D Pengaruh frekuensi terhadap pola hamburan.....	40
E pengaruh pola variasi peletakan tempurung kelapa muda terhadap pola hamburan.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	49
BIOGRAFI PENULIS	77

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data waktu dengung terlentang 100% pada sudut pengukuran 30 derajat.....	30
Tabel 4.2 Data tingkat bising sekitar (<i>background noise</i>).....	32
Tabel 4.3 Data pengukuran SPL tanpa difuser.....	32
Tabel 4.4 Data pengukuran SPL dengan difuser	33
Tabel 4.5 Data pengukuran menggunakan difuser terlentang 100%.....	35
Tabel 4.6 Data koefisien hamburan bunyi sudut 30derajat	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses penjalaran bunyi.....	5
Gambar 2.2 Fenomena bunyi dalam ruang.....	6
Gambar 2.3 Pemantulan oleh berbagai bentuk permukaan	7
Gambar 2.4 Difraksi Bunyi	9
Gambar 2.5 Diffuser Maximum Lenght Sequences.....	11
Gambar 2.6 Bentuk Diffuser QRD.....	11
Gambar 2.7 Hamburan dari permukaan kasar.....	12
Gambar 2.8 Waktu dengung pada suatu ruangan	15
Gambar 2.9 Kandungan dalam tempurung	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	17
Gambar 3.2 Proses pembuatan difuser.....	18
Gambar 3.3 Rangkaian Peralatan yang digunakan.....	19
Gambar 3.4 Tumpukan tempurung kelapa muda yang tidak terpakai.....	20
Gambar 3.5 (a) proses pengkerokan sisa daging buah (b)proses penjemuran (c) hasil pemotongan.....	21
Gambar 3.6 Pola penyusunan Difuser <i>convex</i> 100%	22
Gambar 3.7 Pola penyusunan Difuser <i>concave</i> 100%.....	22
Gambar 3.8 Pola penyusunan Difuser <i>convex</i> 50%.....	22
Gambar 3.9 Pola penyusunan Difuser <i>concave</i> 50%	23
Gambar 3.10 Pola penyusunan difuser <i>concave-convex</i>	23
Gambar 3.11 Skema pengukuran Koefisien hamburan difuser ..	24
Gambar 3.12 Skema pengukuran pola hamburan difuser.....	26
Gambar 4.1 Proses pengukuran koefisien <i>scattering</i>	29
Gambar 4.2 Proses pengukuran pola hamburan	31
Gambar 4.3 Grafik hubungan frekuensi terhadap koefisien hamburan pada sudut 30.....	39
Gambar4.4 Grafik pola hamburan panel difuser dengan pola variasi <i>concave</i> 100%.....	41
Gambar 4.5 Grafik pola hamburan panel difuser	42

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Penurunan Rumus (koefisien <i>scattering</i>)	49
LAMPIRAN 2	Penurunan Rumus Koefisien Penyerapan dan Koefisien Penyerapan Spekular	53
LAMPIRAN 3	Data Pengukuran Waktu Dengung (T1, T2, T3, T4) dan Koefisien <i>Scattering</i>	57
LAMPIRAN 4	Data Pengukuran Pola Hamburan	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ruang auditorium merupakan ruangan dengan kapasitas besar sebagai ruang serbaguna (*multipurpose*). Sebagai contoh adalah ruang pertemuan, ruang konser ataupun ruang untuk upacara adat. Sebagai ruang *multipurpose*, maka ruangan harus mampu mendukung kebutuhan akustik dari pengguna. Upaya yang dilakukan agar sesuai dengan fungsi ruang, maka dapat dilakukan pembangunan auditorium yang baru atau melakukan renovasi/perbaikan terhadap auditorium yang sudah ada. Pada kenyataannya, pembangunan maupun perbaikan auditorium ini jarang sekali memperhatikan kondisi akustik ruang. Akibatnya, terkadang masih terdapat masalah pada ruang auditorium tersebut atau sering disebut cacat akustik. Salah satu diantara permasalahan yang muncul adalah munculnya gema. Gema adalah bunyi yang terdengar akibat pemantulan bunyi berkepanjangan dan membuat ketidakjelasan bunyi akibat bunyi pantul yang menimpa bunyi telah terdengar (Laela,2015). Masalah gema dapat dilakukan dengan menambahkan material akustik seperti absorber dan difuser. Pada kasus seperti ini biasanya diberikan material akustik yang dapat mengurangi gema dengan mengacak bunyi.

Jenis panel difuser yang ada dipasaran yaitu difuser dengan bentuk MLS (*Maximum Lengths Sequences*) dan QRD (*Quadratic Residue Diffuser*). Harga panel difuser tersebut relatif cukup mahal, sehingga pemilihan jenis difuser ini menjadi jarang sekali dilakukan. Sehingga diperlukan alternatif material akustik lain yang memiliki kemampuan sama namun memiliki harga relatif murah. Pada penelitian Indrawati (2016), diperoleh desain difuser yang terbuat dari tempurung kelapa muda. Pada penelitian tersebut diperoleh koefisien absorpsi bentuk *convex* sebesar 0,7 sedangkan bentuk *concave* sebesar 0,3 pada frekuensi 1000 Hz.

Pada penelitian Tugas Akhir saya yang berjudul “ Studi Awal Pengukuran Koefisien Hamburan dan Pola Hamburan *Concave*-

convex Difuser dari Tempurung Kelapa Muda” akan melanjutkan penelitian sebelumnya namun dalam tugas akhir ini akan dilakukan variabel pada bentuk. Bentuk sampel yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah *concave 100%*, *convex 100%*, *convex 50%*, *concave 50%*, dan *concave-convex*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas maka dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan nilai koefisien hamburan *concave-convex* difuser dan pola variasinya.
2. Bagaimana mengetahui pengaruh pola variasi difuser terhadap pola hamburan *concave-convex* difuser dan pola variasinya.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai koefisien hamburan pada *concave-convex* difuser dan pola variasinya.
2. Mengetahui pengaruh pola variasi difuser terhadap pola hamburan *concave-convex* difuser.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan utama difuser adalah tempurung kelapa muda dengan diameter 10 cm.
2. Difuser yang dibuat adalah difuser *concave-convex*.
3. Homogenitas bahan, seperti bentuk bahan di abaikan.
4. Papan alas yang digunakan yang digunakan untuk difuser adalah triplek dengan ukuran 60 cm x 60 cm.
5. Proses pengukuran koefisien hamburan mencacu ISO 17497-1 dan proses pengukuran pola hamburan mengacu pada ISO 17497-2.

6. Frekuensi yang digunakan pada pengukuran ini adalah 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz.
7. Sudut pengukuran yang digunakan pada pengukuran adalah 0^0 , 30^0 dan 60^0 .

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mempelajari dan mengetahui karakteristik dari tempurung kelapa muda yang dibuat menjadi sebuah panel difuser.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ruang auditorium merupakan ruangan dengan kapasitas besar sebagai ruang serbaguna (*multipurpose*). Sebagai contoh adalah ruang pertemuan, ruang konser ataupun ruang untuk upacara adat. Sebagai ruang *multipurpose*, maka ruangan harus mampu mendukung kebutuhan akustik dari pengguna. Upaya yang dilakukan agar sesuai dengan fungsi ruang, maka dapat dilakukan pembangunan auditorium yang baru atau melakukan renovasi/perbaikan terhadap auditorium yang sudah ada. Pada kenyataannya, pembangunan maupun perbaikan auditorium ini jarang sekali memperhatikan kondisi akustik ruang. Akibatnya, terkadang masih terdapat masalah pada ruang auditorium tersebut atau sering disebut cacat akustik. Salah satu diantara permasalahan yang muncul adalah munculnya gema. Gema adalah bunyi yang terdengar akibat pemantulan bunyi berkepanjangan dan membuat ketidakjelasan bunyi akibat bunyi pantul yang menimpa bunyi telah terdengar (Laela,2015). Masalah gema dapat dilakukan dengan menambahkan material akustik seperti absorber dan difuser. Pada kasus seperti ini biasanya diberikan material akustik yang dapat mengurangi gema dengan mengacak bunyi.

Jenis panel difuser yang ada dipasaran yaitu difuser dengan bentuk MLS (*Maximum Lengths Sequences*) dan QRD (*Quadratic Residue Diffuser*). Harga panel difuser tersebut relatif cukup mahal, sehingga pemilihan jenis difuser ini menjadi jarang sekali dilakukan. Sehingga diperlukan alternatif material akustik lain yang memiliki kemampuan sama namun memiliki harga relatif murah. Pada penelitian Indrawati (2016), diperoleh desain difuser yang terbuat dari tempurung kelapa muda. Pada penelitian tersebut diperoleh koefisien absorpsi bentuk *convex* sebesar 0,7 sedangkan bentuk *concave* sebesar 0,3 pada frekuensi 1000 Hz.

Pada penelitian Tugas Akhir saya yang berjudul “ Studi Awal Pengukuran Koefisien Hamburan dan Pola Hamburan *Concave*-

convex Difuser dari Tempurung Kelapa Muda” akan melanjutkan penelitian sebelumnya namun dalam tugas akhir ini akan dilakukan variabel pada bentuk. Bentuk sampel yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah *concave 100%*, *convex 100%*, *convex 50%*, *concave 50%*, dan *concave-convex*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas maka dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan nilai koefisien hamburan *concave-convex* difuser dan pola variasinya.
2. Bagaimana mengetahui pengaruh pola variasi difuser terhadap pola hamburan *concave-convex* difuser dan pola variasinya.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai koefisien hamburan pada *concave-convex* difuser dan pola variasinya.
2. Mengetahui pengaruh pola variasi difuser terhadap pola hamburan *concave-convex* difuser.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan utama difuser adalah tempurung kelapa muda dengan diameter 10 cm.
2. Difuser yang dibuat adalah difuser *concave-convex*.
3. Homogenitas bahan, seperti bentuk bahan di abaikan.
4. Papan alas yang digunakan yang digunakan untuk difuser adalah triplek dengan ukuran 60 cm x 60 cm.
5. Proses pengukuran koefisien hamburan mencacu ISO 17497-1 dan proses pengukuran pola hamburan mengacu pada ISO 17497-2.

6. Frekuensi yang digunakan pada pengukuran ini adalah 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz.
7. Sudut pengukuran yang digunakan pada pengukuran adalah 0^0 , 30^0 dan 60^0 .

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mempelajari dan mengetahui karakteristik dari tempurung kelapa muda yang dibuat menjadi sebuah panel difuser.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

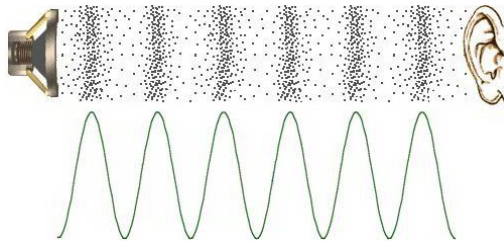
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bunyi

Bunyi secara fisis dibagi menjadi dua yaitu bunyi obyektif dan subyektif. Bunyi obyektif adalah penyimpangan tekanan bunyi yang disebabkan pergeseran partikel dalam medium elastis. Bunyi subyektif adalah pendengaran yang disebabkan oleh penyimpangan fisis seperti obyektif. Bunyi juga dapat didefinisikan sebagai transmisi energi yang melewati media padat, cair dan gas dalam suatu getaran yang diterima melalui telinga (Suptandar,2004).

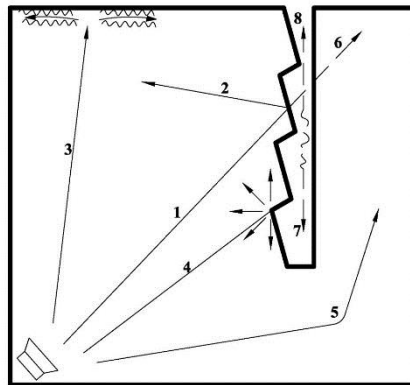
Proses terdengarnya sebuah bunyi terjadi apabila sumber bunyi mengalami pergetaran maka sumber getar akan menyebabkan udara di sekitar mengalami pergetaran udara sehingga medium bunyi dapat membawa energi yang akhirnya getaran yang dihasilkan bunyi tadi diterima oleh telinga seperti yang terlihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Proses penjalaran bunyi (Laela,2015).

Manusia dapat mendengar tinggi rendahnya frekuensi bunyi yang disebut dengan pitch dimana semakin tinggi frekuensi semakin tinggi pitchnya (Doelle,1972). Berdasarkan Everest (2001), rentang frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh orang berpidato adalah 170 Hz- 4000 Hz dengan kekuatan bunyi 40 dB – 80 dB sedangkan pada musik rentang frekuensi yang dihasilkan adalah 50 Hz -8500 Hz dengan kekuatan bunyi 30 dB – 100 dB.

Ketika bunyi di dalam sebuah ruang tertutup memiliki perilaku tertentu apabila menumbuk dinding-dinding dari ruang tertutup tersebut yaitu dipantulkan, diserap, disebarkan, dibelokkan bergantung pada sifat akustik pada dindingnya. **Gambar 2.2** menggambarkan proses penjalaran bunyi dari sumber untuk kemudian sampai pada pendengar dalam ruang tertutup yang mengenai.



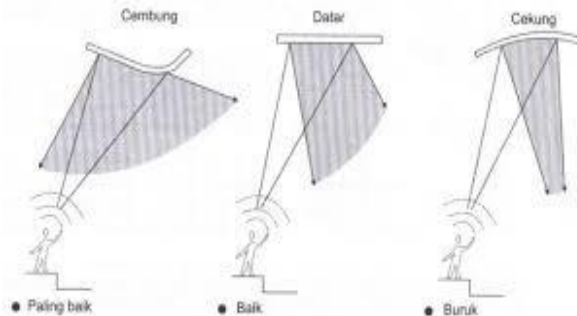
Gambar 2.2. Fenomena bunyi dalam ruang (1) bunyi datang, (2) bunyi pantul, (3) bunyi yang diserap, (4) bunyi yang disebarkan, (5) bunyi yang dibelokkan (6) bunyi yang ditransmisi, (7) bunyi yang hilang dalam struktur bangunan (8) bunyi yang dirambatkan (Doelle, 1972).

2.2 Pemantulan Bunyi

Bunyi yang mengenai sebuah permukaan, akan mengalami pantulan. Berdasarkan Doelle (1972), gejala pemantulan bunyi hampir sama dengan pemantulan cahaya yang disebut hukum Snellius, bahwa gelombang bunyi datang, garis normal bidang, dan gelombang bunyi pantul. Menurut Suptandar (2004), pemantulan bunyi adalah pemantulan bunyi kembali gelombang bunyi yang menumbuk suatu permukaan. Permukaan yang keras, tegak, dan

rata memantulkan semua energi bunyi. Bentuk permukaan pemantul dapat dibedakan seperti berikut:

- a. Permukaan rata bersifat sebagai penghasil gelombang bunyi yang merata. Pada pemantulan yang mengenai permukaan rata, terjadi hukum snellius, yaitu sudut datang sama dengan sudut pantul, dan bunyi datang, bunyi pantul dan garis normal terletak pada satu bidang datar yang sama.
- b. Permukaan cekung bersifat sebagai pengumpul gelombang bunyi.
- c. Permukaan cembung bersifat sebagai penyebar gelombang bunyi. Suara yang disebarkan menimbulkan gelombang bunyi yang merambat ke segala arah dengan tekanan bunyi yang sama pada tiap bagian ruang.



Gambar 2.3 Pemantulan oleh berbagai bentuk permukaan (Mediastika,2005).

2.3 Penyerapan Bunyi

Selain dipantulkan, bunyi yang mengenai permukaan akan diserap. Menurut Doelle (1972), penyerapan bunyi merupakan penyerapan energi bunyi oleh pelapisan permukaan tertentu yang

memiliki koefisien penyerapan yang tertentu juga. Terdapat beberapa jenis penyerap bunyi seperti dibawah ini:

- a. Penyerapan bahan berpori yang berfungsi mengubah energi bunyi menjadi energi panas melalui gesekan dengan molekul udara.
- b. Penyerapan panel bergetar, adalah panel yang berfungsi sebagai pengubah energi menjadi energi getaran. Penyerap ini akan bekerja dengan baik pada frekuensi rendah, contohnya kaca, pintu, panel kayu.

Penyerapan gelombang bunyi akibat suatu permukaan merupakan fungsi dari beberapa parameter, misalnya saja kekerasan permukaan, porositas, kelenturan permukaan. Efisiensi penyerapan dinyatakan dengan nilai 0 dan 1 dimana itu biasanya disebut koefisien penyerapan. Nilai 0 menunjukkan bahwa tidak ada gelombang bunyi yang mengenai material tersebut yang diserap. Nilai 1 menunjukkan bahwa semua gelombang bunyi yang datang yang mengenai material tersebut diserap semuanya.

2.4 Difusi Bunyi

Menurut Mediastika (2005), difusi bunyi merupakan gejala terjadinya pemantulan yang menyebar yang diakibatkan oleh gelombang yang mengenai permukaan yang tidak rata. Dalam buku yang lain, Mediastika menyatakan bahwa difusi bunyi adalah peristiwa yang oleh gelombang bunyi ketika bunyi membentur bidang pembatas yang memiliki kecenderungan memantul, namun memiliki permukaan yang tidak halus.

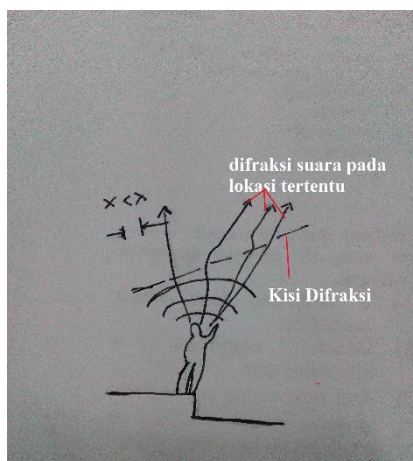
Ketika tekanan bunyi di setiap bagian dalam suatu ruangan yang sama dan gelombang bunyi dapat merambat dalam semua arah, maka medan bunyi dikatakan sama atau homogen. Sehingga dapat dikatakan bahwa difusi bunyi atau penyerapan bunyi terjadi di dalam ruang. Menurut Doelle (1972), difusi bunyi dapat diciptakan dengan beberapa cara,

1. Pemakaian permukaan dan elemen penyebar yang tidak teratur dalam jumlah yang banyak.

2. Penggunaan lapisan permukaan pantul bunyi dan penyerap secara bergantian.
3. Distribusi lapisan penyerap bunyi yang berbeda secara tak teratur dan acak.

2.5 Difraksi Bunyi

Gejala pembelokan bunyi yang disebabkan benda-benda yang menghalangi misalnya sudut ruang, kolom, tembok, balok-balok dan perabotan lain biasa disebut dengan difraksi bunyi. Sedangkan berdasarkan Doelle (1972), difraksi adalah gejala akustik yang menyebabkan gelombang bunyi dibelokkan atau dihamburkan di sekitar penghalang misalnya sudut, kolom, tembok, dan balok. Dalam mempelajari kelakuan gelombang bunyi pada suatu ruangan dapat disederhanakan bila lapisan-lapisan perapatan dan perenggangan ruangan memancar ke luar diganti oleh sinar bunyi khayal, yang tegak lurus pada muka gelombang yang bergerak maju.



Gambar 2.4 Difraksi Bunyi (koleksi pribadi).

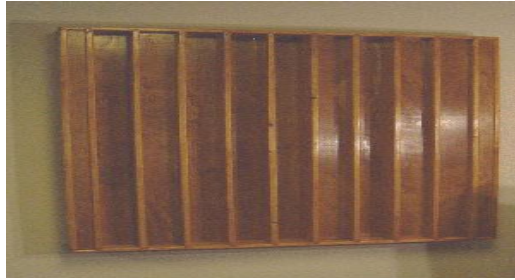
2.6 *Diffuser*

Difuser adalah sebuah material atau bahan yang digunakan untuk menghamburkan bunyi. Pada umumnya, bentuk dari permukaan sebuah difuser adalah cembung yang berguna sebagai pembuat gelombang hamburan suara dan biasanya ditemukan di dalam ruang musik di hampir seluruh dunia. Bahan ini biasanya berupa material padat, keras dan memiliki bentuk bidang geometri tidak rata. Hal ini digunakan untuk memperbaiki penyimpangan bunyi di dalam sebuah ruangan misalnya gema.

Jika dibandingkan dengan permukaan yang reflektif, yang menyebabkan sebagian besar energi akan dipantulkan pada sudut yang sama dengan sudut pantul, difuser akan menyebabkan energi bunyi yang akan terpancar ke segala arah, sehingga mengarah ke ruang akustik yang lebih difusif. Hal ini juga penting dikarenakan difuser yang menyebar pantulan dalam waktu serta spasial. Keunggulan dari diffuser dibandingkan dengan bahan lain adalah material ini tidak menghilangkan energi dari sumber bunyi (Werner,1988). Untuk mengetahui macam-macam difuser ini dapat dilihat dibawah ini.

2.6.1.*Maximum Lenght Sequences Diffuser*

Maximum lenght sequences diffuser adalah difuser yang memiliki dua kedalaman berbeda yaitu kedalaman 0 dan 1. Dalam pembuatan difuser tipe ini material atau bahan yang digunakan untuk membuatnya harus berstruktur kayu, logam, dan batu. Dalam sebuah diffuser ini angka 1 menunjukkan sebuah sumur sedangkan angka 0 menunjukkan sebuah tonjolan. Pada diffuser ini kombinasi 0 dan 1 akan membentuk suati satu modul difuser, kemudian tiap modul akan berulang secara periodik.



Gambar 2.5 Difuser *Maximum Length Sequences* (www.phy.mtu.edu).

2.6.2. *Quadratic Residue Diffuser*

Diffuser QRD mempunyai struktur yang mirip dengan diffuser MLS, yang membedakan dengan diffuser lain adalah variasi kedalaman sumur. Kedalaman pada sumur diffuser menentukan batas frekuensi yang dapat diredam.

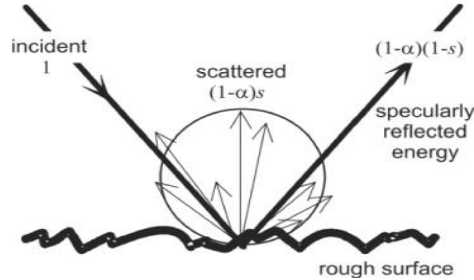


Gambar 2.6 Bentuk Difuser QRD (www.flickriver.com)

2.7 Koefisien Hamburan (*Scattering*)

Hamburan (*scattering*) adalah peristiwa dimana bunyi dipantulkan dalam arah specular dan secara acak. Koefisien hamburan adalah perbandingan antara energi terpantul acak dan energi terpantul total (terhambur dan spekular). Koefisien hamburan ini untuk memisahkan bunyi yang dipantulkan ke dalam komponen spekular dan komponen terhambur dimana

komponen spekular ini merupakan energi yang terpantul dengan sudut besar sama dengan sudut datangnya, sedangkan komponen terhambur merupakan energi terpantul dengan arah yang tidak teratur atau acak.



Gambar 2.7 Hamburan dari permukaan kasar (D'Antonio,2004)

Pada saat gelombang bunyi mengenai suatu permukaan gelombang bunyi tersebut maka akan diserap sebagian energinya oleh permukaan yang bergantung pada koefisien penyerap bahannya. Energi yang tersisa dari bahan tersebut akan dipantulkan (spekular dan terhambur). Besarnya energi bunyi yang dihamburkan bergantung pada besarnya koefisien hamburan dimana permukaan yang kasar akan lebih menghamburkan bunyi daripada permukaan yang halus. Jika dilihat dari **Gambar 2.7** tersebut dapat dilihat bahwa:

$$E_{datang} = E_{serap} + E_{pantul\ total} \quad (2.1)$$

dengan:

E_{datang} : jumlah total energi datang

E_{serap} : energi yang diserap oleh permukaan

$E_{pantul\ total}$: energi yang dipantulkan spekular dan terhambur.

Dalam menentukan koefisien hamburan ini dapat digunakan persamaan-persamaan dibawah ini dimana energi yang terpantul spekular dinyatakan sebagai berikut:

$$E_{spec} = (1 - \alpha)(1 - s) \equiv (1 - \alpha_{spec}) \quad (2.2)$$

$$E_{Pantul\ total} = 1 - \alpha \quad (2.3)$$

Dengan,

E_{spec} : energi pantul total dikurangi dengan energi terhambur

$E_{pantul\ total}$: energi yang datang dikurangi dengan energi yang diserap.

S : koefisien hamburan

α : koefisien penyerap difuser

α_{spec} : koefisien penyerap spekular

Koefisien penyerapan spekular merupakan perbandingan antara energi yang diserap dan dihamburkan dibagi dengan energi datang. Dari persamaan 2.2 dan 2.3, koefisien hamburan ditentukan dengan persamaan di bawah ini:

$$s = \frac{\alpha_{spec} - \alpha}{1 - \alpha} = 1 - \frac{E_{spec}}{E_{Pantul\ total}} \quad (2.4)$$

Dimana s merupakan nilai koefisien hamburan. Koefisien hamburan α merupakan koefisien absorpsi, α_{spec} adalah koefisien serap spekular. Pada nilai koefisien hamburan ini bergantung kepada nilai koefisien absorpsi karena jika nilai koefisien absorpsi ini terlalu besar maka akan mempengaruhi nilai koefisien hamburannya (D'Antonio, 2004) dari hasil substitusi dari persamaan 2.4 dapat diperoleh persamaan untuk mencari koefisien serap dan koefisien serap spekular. Persamaannya adalah

$$\alpha = 0,16 \frac{V}{A} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2.5)$$

$$\alpha_{spec} = 0,16 \frac{V}{A} \left(\frac{1}{T_4} - \frac{1}{T_3} \right) \quad (2.6)$$

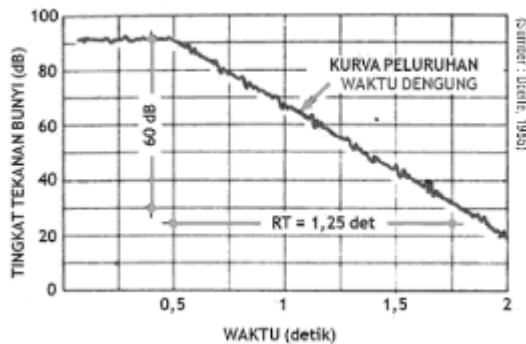
Dengan α merupakan koefisien absorpsi, α_{spec} adalah koefisien serap spekular. V adalah volume ruang (m^3), A adalah luas bahan uji (m^2), T_1 adalah waktu dengung tanpa bahan uji dan meja putar tidak berputar (sekon), T_2 adalah waktu dengung ada bahan uji dan meja putar tidak berputar(sekon), T_3 adalah waktu dengung tanpa bahan uji dan meja putar berputar (sekon), T_4 adalah waktu dengung ada bahan uji dan meja putar berputar (sekon).

2.8 Waktu Dengung

Salah satu faktor dalam menentukan kualitas akustika ruangan adalah waktu dengung ruang (RT_{60}). RT_{60} adalah lama waktu yang dibutuhkan bunyi untuk meluruh sebanyak 60 dB. Ketika waktu dengung pendek akan menyebabkan ruangan “mati” sebaliknya pada saat waktu dengung panjang akan memberikan suasana “hidup” pada ruangan waktu dengung dapat ditentukan dengan melihat fungsi akustika ruang. Waktu dengung ruang dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan Sabine

$$RT_{60} = \frac{0.16 V}{\Sigma (S\alpha)} \quad (2.7)$$

Dimana RT_{60} adalah waktu dengung, V adalah volume ruang (m^3), s adalah luasan area permukaan ruang (m^2), α adalah rata-rata koefisien serap ruang $S\alpha$. Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa volume ruang memiliki pengaruh dalam menentukan waktu dengung suatu ruang.



Gambar 2.8. Kurva peluruhan waktu dengung(Doelle,1972).

2.9 Tempurung Kelapa Muda

Kelapa (*Cocos nurifera*) adalah salah satu jenis tanaman dari suku aren-arenan atau Arecaceae dan merupakan anggota tunggal dalam marga *Cocos* dimana tumbuhan ini dimanfaatkan pada hampir semua bagiannya oleh manusia sehingga dianggap sebagai tumbuhan serba guna. Di Indonesia tanaman buah kelapa dikonsumsi dalam bentuk segar ataupun diolah. Kelapa yang muda masih belum ada yang memanfaatkannya sehingga menjadi limbah. Limbah tempurung kelapa ini menjadi limbah buangan dan kurang diolah sehingga diperlukan bentuk alternatif dari tempurung kelapa muda ini.



Gambar 2.9. Kandungan dalam tempurung kelapa (koleksi pribadi).

Tempurung kelapa muda adalah pelindung utama dari daging buah kelapa yang lunak. Tempurung merupakan lapisan

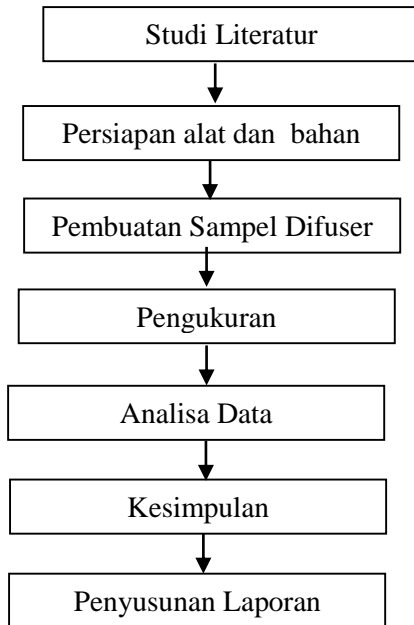
yang keas dengan ketebalan 3-5 mm. Sifat kerasnya disebabkan karena banyaknya kandungan silikat di tempurung tersebut, dimana dari berat total kelapa 15-19% adalah berat tempurung kelapanya (Yuliani,2011).

BAB III

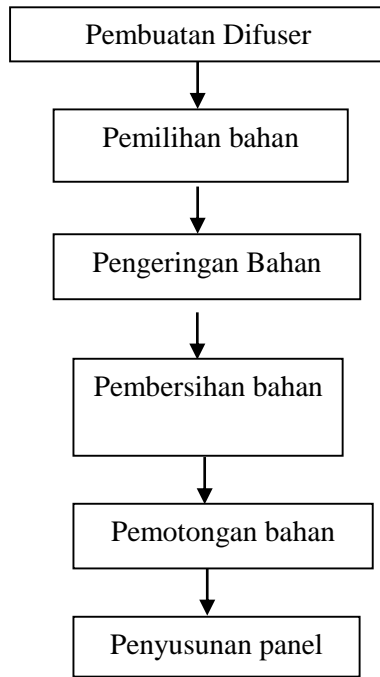
METODOLOGI

3.1 Tahap-tahap Penelitian

Pada penelitian Tugas Akhir ini tahapan-tahapan yang ada mengikuti diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 3.2 Proses pembuatan panel difuser.

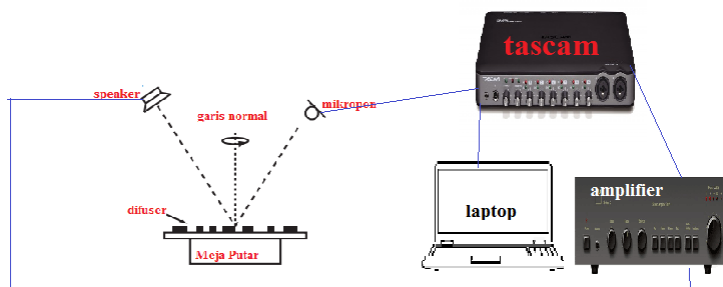
3.2 Studi Literatur

Pada proses ini merupakan proses yang digunakan untuk mendukung proses pembuatan tugas akhir serta untuk memahami arah dan alur penelitian yang dapat mendukung proses penelitian ini mulai dari awal hingga akhir sampai penulisan laporan selesai. Pada proses ini dilakukan guna mendapatkan dasar teori yang berhubungan dengan penelitian sehingga dapat menjadikan acuan dalam melakukan analisis dan pembahasan. Oleh karena itu pada penelitian ini diperlukan sumber atau referensi penelitian yang berasal dari buku-buku teks, atrikel, jurnal ilmiah serta dari internet.

3.3 Pengenalan Alat

Pada bagian dibahas fungsi dan karakteristik peralatan yang digunakan pada penelitian. Pada penelitian ini peralatan yang digunakan adalah perangkat keras dan perangkat lunak yang meliputi:

1. *Personal Computer* (PC/laptop) yang berfungsi sebagai alat yang mengeluarkan sumber bunyi berupa impuls yang berasal dari *software Realtime Analyzer*.
2. *Amplifier* adalah alat yang berfungsi sebagai penguat bunyi yang dikeluarkan oleh PC sebelum masuk ke *speaker*.
3. *Speaker* adalah alat yang berfungsi untuk mengeluarkan bunyi yang telah dikuatkan oleh ampifier.
4. Mikropon adalah sebuah alat yang digunakan untuk menangkap peluruhan bunyi yang keluar dari *speaker*.
5. Tripod merupakan alat yang berfungsi sebagai penyangga mikropon dan speaker agar tepat pada jarak dan sudut yang dikehendaki.
6. Statip adalah alat yang berfungsi sebagai penyangga bahan uji adar berada berada sesuai dengan posisi yang dikendaki.
7. *Turntable* adalah sebuah meja putar yang digunakan sebagai media untuk memutar bahan uji.
8. Vari AC, adalah aat yang digunakan sebagai sumber tegangan supaya trurntable dapat berputar.



Gambar 3.3 Rangkaian peralatan yang digunakan

3.4 Pembuatan difuser

3.4.1 Proses pembuatan

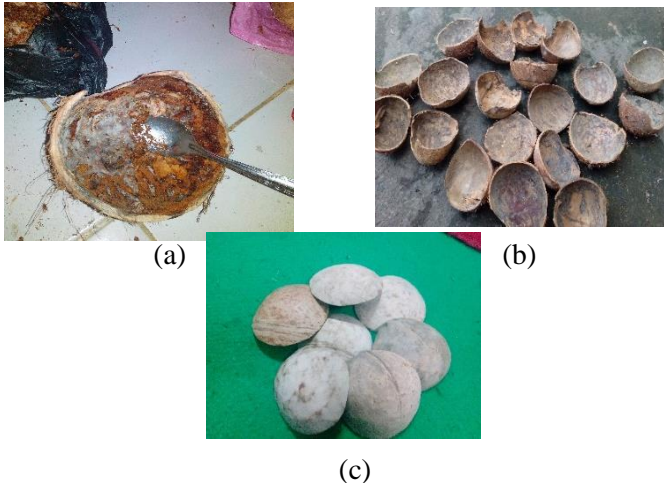
Untuk menghasilkan tempurung kelapa yang baik, maka proses pembuatan diawali dengan pemilihan bahan dasar yang dalam hal ini adalah tempurung kelapa muda. **Gambar 3.4** menunjukkan tumpukan tempurung kelapa muda yang sebenarnya adalah limbah.



Gambar 3.4 Tumpukan tempurung kelapa muda yang tidak terpakai

Untuk menghasilkan difuser dari tempurung kelapa muda, bahan baku berupa tempurung kelapa yang diperoleh kemudian dihilangkan sabutnya. Hal ini dilakukan agar didalam tempurung kelapa benar-benar bersih. Setelah proses itu selesai, proses selanjutnya adalah pengeringan. Proses ini dilakukan agar tempurung kelapa kering dan kadar air pada tempurung kelapa menjadi menyusut dan tidak mudah membusuk. Setelah tempurung benar-benar kering langkah selanjutnya adalah proses pemotongan. Diketahui bahwa bentuk tempurung kelapa tidaklah homogen maka pada penelitian ini dilakukan pemilihan dan pemotongan agar bentuknya seragam. Pemotongan tempurung kelapa ini menggunakan gerinda dan diameter tempurung kelapa muda yang digunakan pada penelitian ini adalah 10 cm dan dengan ketinggian 3 cm. Setelah semua dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan, kemudian dilakukan proses selanjutnya

yakni penyusunan menjadi difuser. **Gambar 3.5** menunjukkan bentuk tempurung kelapa yang siap untuk dijadikan difuser.



Gambar 3.5 (a) proses pengkerokan sisa daging buah (b) proses penjemuran (c) hasil pemotongan.

3.4.2 Proses Penyusunan

Setelah semua proses pengolahan bahan selesai, kemudian dilakukan proses penyusunan. Penyusunan ini disusun pada sebuah triplek dengan diameter 60 cm x 60 cm dimana ukuran ini mengacu dari ukuran panel yang dijual di pasaran. Untuk menjadikannya sebuah difuser, bentuk penampang yang tidak rata akan menjadikan suara yang mengenainya menjadi terpantul secara acak. Pada penelitian Tugas Akhir ini, variasi dari difuser yang dibuat tampak adalah *convex* 100%, *concave* 100 %, *convex* 50 %, *concave* 50% dan *concave-convex* tampak seperti pada **Gambar 3.6** hingga **Gambar 3.10**.



Gambar 3.6 Pola penyusunan *convex* difuser 100%



Gambar 3.7 Pola penyusunan Difuser *concave* difuser 100%



Gambar 3.8 Pola penyusunan *convex* difuser 50%



Gambar 3.9 Pola penyusunan *concave* difuser 50%



Gambar 3.10 Pola penyusunan *concave-convex* difuser

3.5 Pengambilan Data

3.5.1 Metode ISO untuk mengukur koefisien hamburan

Berdasarkan metode ISO 354, pengukuran koefisien hamburan dilakukan dalam ruang dengung. Sementara berdasarkan pada ISO 17497-1 yang merupakan perluasan dari ISO 354 dimana pada ISO ini pengukuran dilakukan terhadap bahan uji yang diletakkan pada meja putar untuk memperoleh nilai koefisien hamburan (*scattering*). Pengukuran ini dilakukan dengan mengukur waktu dengung ruang ketika *turntable* tidak diputar dengan bahan uji dan

tanpa bahan uji. Adapun proses pengukurannya terlihat seperti pada **Gambar 3.11**.

1. Merangkat alat dan bahan difuser seperti gambar dibawah ini. Dimana untuk sudutnya diubah-ubah ($0^0, 30^0$, dan 60^0)



Gambar 3.11 Skema pengukuran koefisien hamburan difuser

2. Kemudian mencari nilai koefisien absorpsi, dimana nilai ini berfungsi untuk mengetahui seberapa besar tempurung kelapa ini mampu menyerap. Dengan cara mengambil waktu dengung dengan ketentuan sebagai berikut:
 - T_1 : waktu dengung ruang uji saat bahan uji tidak ada dan meja putar tidak berputar (sekon)
 - T_2 : waktu dengung ruang uji saat bahan uji tidak ada dan meja putar berputar (sekon)
3. Setelah mencari nilai koefisien absorpsi kemudian dilakukan proses pengambilan data koefisien serap spekular dengan ketentuan sebagai berikut:
 - T_3 : waktu dengung ruang uji saat bahan uji ada dan meja putar tidak berputar (sekon)
 - T_4 : waktu dengung ruang uji saat bahan uji ada dan meja putar berputar (sekon)

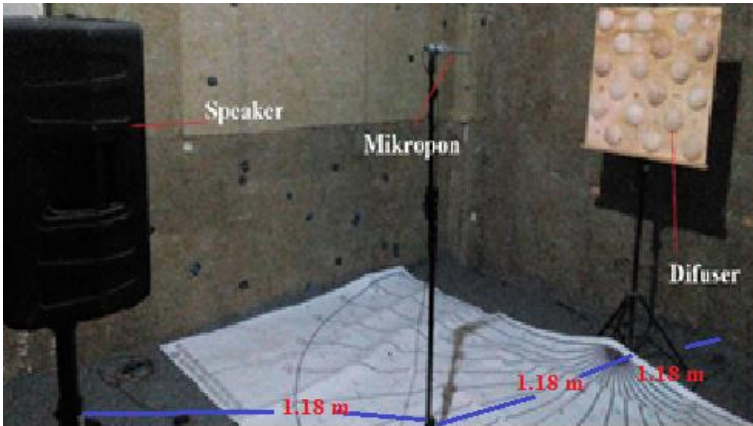
untuk menentukan nilai koefisien absorpsi, digunakan persamaan 2.5, sementara nilai koefisien absorpsi spekuler diperoleh melalui persamaan 2.6 serta persamaan 2.4 untuk menentukan nilai koefisien hamburan (*scattering*).

3.5.2 Metode pengukuran untuk menentukan pola hamburan

Pengukuran pola hamburan ini bertujuan untuk mengetahui pola hamburan yang terjadi pada difuser bagaimana energi tersebar. Pada metode pengukuran pola hamburan ini, pengukuran didasarkan pada ISO 17497-2 dimana pengukuran ini adalah pengukuran pola hamburan medan bebas. ISO yang digunakan ini merupakan hasil penjabaran dari ISO 17497-1 meliputi kondisi pengukuran yang berkaitan dengan dengan bahan uji yang dilakukan pada medan bebas (*anechoic chamber*). Berdasarkan Trevor (2004), untuk mengukur pola hamburan, dimensi dari ruang dibagi menjadi lima bagian. Hasilnya digunakan untuk mencari jarak titik untuk penempatan alat dan bahan pada ruangan ketika pengukuran. Pada pengukuran pola hamburan ini digunakan jarak sebesar 1,18 m untuk jarak antara difuser dengan dinding, 1,18 m untuk jarak antara mikropon dengan difuser, dan 1,18m untuk jarak antara difuser mikroponn. Hasil ini didapat dari 1:5 dari panjang ruang sebesar 5,9 m. Pada proses pengambilan data pola hamburan yang dilakukan adalah

1. Menyusun peralatan sesuai dengan **Gambar 3.12** .
2. Dilakukan pengukuran dengan memberikan suara dari komputer yang nantinya akan ditangkap oleh mikropon dan didapat nilai yakni berupa tingkat tekanan bunyi (SPL). Dimana pada pengukuran ini nilai SPL yang diambil ada 2 yaitu SPL tidak ada tempurung kelapa (triplek) dan SPL total (ada triplek dan tempurung kelapa). Tiap SPL diambil pada sudut 0 hingga 180 derajat

terhadap bahan uji dan dengan selisih tiap sudut 10 derajat.



Gambar 3.12 Skema pengukuran pola hamburan difuser

3. Setelah selesai dilakukan pengukuran, kemudian data SPLnya dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai SPL hamburannya dengan menggunakan persamaan 3.1 yang merupakan penjabaran dari penjumlahan dB ditinjau dari penjumlahan energi.

$$\begin{aligned}
 SPL_{sc} &= SPL_d - SPL_{TD} \\
 SPL_d &= 10 \log \left[\frac{P_d}{P_{sc}} \right]^2 \\
 SPL_{TD} &= 10 \log \left[\frac{P_{TD}}{P_{sc}} \right]^2 \\
 P_{sc}^2 &= P_d^2 - P_{TD}^2 \\
 P_{sc}^2 &= P_{ac}^2 \left[\left(10^{\frac{SPL_d}{10}} \right) - \left(10^{\frac{SPL_{TD}}{10}} \right) \right] \\
 SPL_{sc} &= 10 \log \frac{P_{sc}^2}{P_{ac}^2} \quad (3.1)
 \end{aligned}$$

Dengan:

- SPL_d : SPL dengan difuser(dB)
 SPL_{TD} : SPL tanpa diffuser (triplek saja) (dB)
 SPL_{sc} : SPL hamburan (dB)
 P_d : Tekanan bunyi dengan difuser/bahan uji (N/m^2)
 P_{TD} : Tekanan bunyi tanpa difuser (N/m^2)
 P_{ac} : Tekanan acuan/referensi (N/m^2)
 P_{sc} : Tekanan bunyi yang dihamburkan (N/m^2)

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.

4.1 Analisa Data

4.1.1. Koefisien Hamburan (*Scattering*)

Berdasarkan pada persamaan 2.4, untuk memperoleh nilai koefisien hamburan (*scattering*) diperlukan data waktu dengung. Waktu dengung diperoleh dari pengukuran, pengukuran waktu dengung ini menggunakan *reverberation room*. *Reverberation room* pada jurusan Fisika ITS yang memiliki volume 140 m^3 . Peralatan yang digunakan pada penelitian ini *horn speaker* toa ZH-645R, mikropon ukur ECM 8000, Variasi AC, *turntable*. Pada penelitian ini difuser yang digunakan dibuat dengan ukuran $0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$. Ukuran tersebut disesuaikan dengan ukuran panel yang dijual dipasaran. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan variasi sudut 0° , 30° , dan 60° , pengukuran sudut ini dilakukan karena cukup mewakili dari sudut pengukuran yang lainnya dimana pada sudut 30° sudah mewakili sudut antara 0° sampai 30° dengan beda sudut per 5° setiap pengambilan data sedangkan sudut 60° sudah cukup mewakili untuk pengambilan sudut antar 30° sampai 60° dengan beda sudut yang sama dengan 30° . Peralatan disusun sesuai dengan **Gambar 4.1** berikut.



Gambar 4.1 Proses pengukuran koefisien hamburan(*scattering*).

Berdasarkan pada persamaan 2.5 dan persamaan 2.6, untuk memperoleh nilai koefisien absorpsi dan nilai koefisien serap spekular, maka dilakukan pengukuran waktu dengung. Data waktu dengung yang diukur pada penelitian ini meliputi:

- T_1 , waktu dengung saat tidak ada bahan uji dan meja putar tidak berputar (sekon).
- T_2 , waktu dengung saat ada bahan uji tetapi meja tidak berputar (sekon).
- T_3 , waktu dengung pada saat tidak ada bahan uji tetapi meja berputar (sekon).
- T_4 , waktu dengung pada saat ada bahan dan meja berputar (sekon).

Dalam melakukan pengukuran, Jarak antara difuser-speaker pada penelitian ini adalah 1 m dan begitu juga untuk jarak mikropon- difuser. Adapun data yang diperoleh dari hasil pengukuran dapat dilihat pada **Tabel 4.1** di bawah ini.

Tabel 4.1 Data waktu dengung concave 100% pada sudut pengukuran 30°

Freq [Hz]	T1 (s)	T2(s)	T3(s)	T4(s)
250	3.16	3.25	3.20	3.16
500	3.42	3.50	3.37	3.31
1000	3.43	3.47	3.39	3.38
2000	2.92	2.84	2.91	2.90
4000	2.73	2.70	2.72	2.67

Untuk data selengkapnya hasil pengukuran waktu dengung untuk masing-masing variasi yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 3.

4.2.1. Pola Hamburan

Pola hamburan pada difuser dilakukan di ruang *anechoic*. Ruang *anechoic* yang digunakan adalah di jurusan fisika ITS ini berbentuk kotak dengan dinding-dinding berlapis *rockwool* dengan tebal 5 cm. Pelapisan *rockwool* pada dinding bertujuan

untuk mengurangi pantulan bunyi dari dinding sehingga diharapkan bunyi yang ditangkap oleh mikropon merupakan bunyi yang berasal dari speaker dan bunyi dari pantulan bunyi akibat adanya difuser. Pada ruang uji ini memiliki ukuran

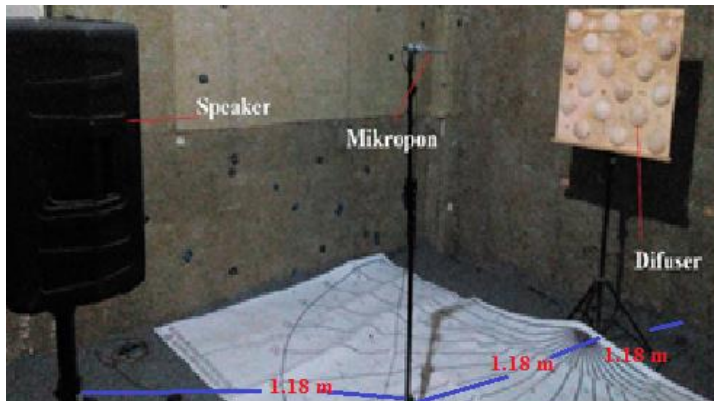
Panjang = 5,9 meter

Lebar = 3,5 meter

Tinggi = 3,2 meter

Volume = $65,55 \text{ m}^3$

Berdasarkan pada subbab 3.5.2 telah dijelaskan penempatan speaker, mikropon, dan bahan uji seperti pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Proses pengukuran pola hamburan

Dari pengukuran diatas diperoleh data berupa data SPL langsung dan SPL total. Sebelum pengukuran, terlebih dahulu dilakukan pengukuran background noisenya. Data *background noise* ditampilkan pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Data *background Noise*

Frequensi (Hz)	<i>Background noise</i> (dB)
250	41.6
500	39.4
1000	38.1
2000	36.7
4000	36.5

Berdasarkan pada **Tabel 4.2**, nilai *background noise* ini nantinya menjadikan acuan dalam mengukur nilai SPL ketika pengukuran harus diatas 10 dB dari nilai *background noise*. Dari hasil pengukuran tersebut didapatkan hasil sebagai berikut

Tabel 4.3 Data Pengukuran tanpa menggunakan difuser

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	50.6	54.6	57.0	58.7	64.3
10	50.1	53.8	57.2	59.0	64.9
20	50.1	54.3	57.3	59.8	64.3
30	52.0	53.8	59.1	60.2	65.4
40	52.8	55.2	59.6	61.1	66.7
50	53.0	55.6	58.9	60.9	65.9
60	53.9	55.9	59.4	62.3	67.5
70	55.3	56.6	61.4	64.1	71.0
80	56.3	57.4	62.8	65.2	71.7
90	56.1	57.7	63.9	67.1	74.4
100	54.8	56.7	63.2	67.0	74.5
110	54.5	57.3	62.1	65.5	73.3
120	54.4	57.7	61.2	64.5	72.8

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
130	54.2	56.7	61.3	63.6	70.9
140	52.5	55.5	60.8	62.7	69.8
150	50.9	54.6	59.9	62.1	69.2
160	50.4	54.1	58.9	61.8	68.8
170	50.6	53.9	58.9	60.9	69.0
180	50.4	54.4	58.7	60.6	68.8

Tabel 4.4 Data Pengukuran menggunakan difuser *concave* 100%

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	51.9	56.4	58.4	60.6	67.7
10	51.9	55.6	58.6	60.7	68.2
20	51.9	54.9	58.6	61.1	65.1
30	52.9	54.9	59.3	62.0	67.0
40	54.0	56.7	60.1	63.3	68.9
50	54.8	58.2	61.3	63.8	68.9
60	56.0	58.9	63.1	65.2	70.7
70	57.1	59.9	64.6	66.6	72.6
80	58.0	60.6	66.6	69.2	74.7
90	57.6	60.5	67.4	70.3	77.6
100	57.0	59.7	66.5	68.6	76.1
110	56.8	59.2	65.4	67.9	75.5
120	56.6	59.3	64.4	66.6	73.8
130	55.9	58.4	63.0	65.7	71.9
140	55.3	56.7	62.3	64.9	71.2
150	54.3	55.8	61.6	64.2	71.6

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
160	53.4	55.9	61.7	63.3	70.0
170	51.7	56.0	61.4	63.1	69.5
180	51.0	55.3	60.7	62.8	69.3

Untuk data SPL dengan difuser untuk pola variasi yang lain dilampirkan pada lampiran 4.

4.2 Pembahasan

Pada penelitian tugas akhir ini, dilakukan dua metode pengukuran parameter akustik yakni: pengukuran koefisien hamburan (*scattering*) bunyi (s) dan pengukuran pola hamburan bunyi.

4.2.1. Pengukuran Koefisien *Scattering*

A. Pengaruh Sudut Terhadap Koefisien Hamburan (*Scattering*)

Berdasarkan data hasil pengukuran waktu dengung pada **Tabel 4.1**. Dari data tersebut dapat dihitung dengan persamaan 2.4. persamaan 2.5 dan persamaan 2.6. Berikut adalah contoh perhitungan pada sudut 30 derajat untuk posisi terletang 100% pada frekuensi 500 Hz.

Sebagai contoh adalah ketika nilai waktu dengung hasil pengukuran adalah $T_1 = 3.39$ sekon

$$T_2 = 3.49 \text{ sekon}$$

$$T_3 = 3.38 \text{ sekon}$$

$$T_4 = 3.34 \text{ sekon}$$

$$V = 140.058 \text{ m}^3$$

$$A = 0.36 \text{ m}^2$$

Maka berdasarkan persamaan 2.5 dan 2.6, nilai α dan s adalah

$$\alpha = 0,16 \frac{V}{A} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\alpha = 0.16 \frac{140.058}{0.36} \left(\frac{1}{3.49} - \frac{1}{3.39} \right)$$

$$\alpha = 62.248 \times -0.0079$$

$$\alpha = -0.494$$

$$\alpha_{spec} = 0.16 \frac{V}{A} \left(\frac{1}{T_4} - \frac{1}{T_3} \right)$$

$$\alpha_{spec} = 0.16 \frac{140.058}{0.36} \left(\frac{1}{3.34} - \frac{1}{3.38} \right)$$

$$\alpha_{spec} = 62.248 \times 0.0034$$

$$\alpha_{spec} = 0.21$$

sementara nilai s,

$$s = \frac{0.21 - (-0.494)}{1 - (-0.494)}$$

$$s = \frac{0.704}{1.494}$$

$$s = 0.51$$

Dari contoh perhitungan diatas maka hasil dari masing-masing koefisien *scattering* tampak seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Pengukuran menggunakan *concave* difuser 100%

Freq [Hz]	sudut 0	sudut 30	sudut 60
250	1.89	0.53	-5.35
500	0.84	0.51	-2.91
1000	0.05	0.25	-0.04
2000	0.14	-1.23	-7.57
4000	-0.28	0.25	0.17

Sehingga dari hasil perhitungan tersebut, nilai koefisien hamburannya adalah sebesar 0,51. Artinya adalah dari 100% energi yang datang, 51% energi bunyi terhambur. Secara teoritis, berdasarkan Trevor (2004), nilai koefisien hamburan (*scattering*) berada pada rentang nilai 0 sampai 1. Nilai 0, berarti bahwa gelombang bunyi yang diberikan semuanya terserap sedangkan ketika nilai koefisien hamburan sama dengan 1 artinya gelombang bunyinya terhambur sempurna.

Berdasarkan data pada **Tabel 4.5**, secara keseluruhan nilai pada difuser *concave* 100% berada pada rentang nilai -7,57 hingga 1,89. Pada sudut 0 derajat dengan frekuensi 250 Hz, nilai koefisien hamburannya sebesar 1,89. Disisi lain, berdasarkan data **Tabel 4.5** juga masih terdapat anomali lain, yakni nilai kurang dari 0 yaitu bernilai negatif. Hal ini terjadi pada sudut 0 frekuensi 4000 Hz, sudut 30 frekuensi 2000 Hz dan pada sudut 60 hampir disemua frekuensi kecuali pada frekuensi 4000 Hz.

Jika melihat kembali dari persamaan koefisien hamburan (persamaan 2.4), nilai negatif ini disebabkan karena nilai koefisien absorpsinya lebih dibandingkan nilai koefisien serap spekular. Nilai koefisien absorpsinya besar diakibatkan karena ketika ada penambahan difuser waktu dengung yang diterima oleh mikropon kecil.

Terlihat pada **Tabel 4.5** pada sudut 0 derajat, nilai koefisien hamburan paling baik adalah pada frekuensi 500 Hz yaitu 0,84, artinya dari 100% energi bunyi, 84 % dihamburkan. Pada sudut 30 derajat, nilai koefisien hamburan paling baik adalah pada frekuensi 250 Hz yaitu 0,53, artinya dari 100 % energi bunyi, 53% energi bunyi dihamburkan dan pada sudut 60 derajat nilai koefisien hamburan paling baik adalah pada frekuensi 4000 Hz yaitu 0,17 artinya 100 % energi bunyi yang datang, 17% energi bunyinya terhambur.

Secara keseluruhan pola variasi nilai koefisien hamburan paling baik berdasarkan pada **Tabel 4.5**, **Tabel L3.7**, **Tabel L3.8** dan **Tabel L3.9** , untuk sudut 0 derajat, berada pada

frekuensi 500 Hz untuk pola *concave* 100%. Untuk sudut 30 derajat, berada pada frekuensi 250 Hz pada pola *concave* 100% dan pada sudut 60 derajat nilai paling baik berada pada frekuensi 4000 Hz pada pola *concave-convex*. Sehingga apabila dibutuhkan penanganan pada frekuensi rendah (250 Hz) difuser *concave* 100% adalah yang paling cocok. Sedangkan nilai dibutuhkan pada frekuensi tinggi (4000 Hz), difuser *concave-convex*.

B. Pengaruh Pola Variasi Tempurung Kelapa Muda Terhadap Koefisien *Scattering*

Selain difuser jenis *concave* 100 %, variasi difuser yang dibuat adalah *convex* 100 %, *concave* 50 %, *convex* 50%, dan *concave-convex*. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai koefisien hamburan dari difuser tersebut tampak seperti pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Data koefisien hamburan bunyi pada sudut 30 derajat

Freq [Hz]	koefisien scattering				
	convex 100%	Concave 100%	Convex 50%	Concave 50%	Concave- convex
250	0.05	0.53	-0.71	0.21	-0.36
500	-0.01	0.51	0.31	-0.25	0.78
1000	0.52	0.25	1.90	-0.51	0.09
2000	-0.63	-1.23	0.41	0.25	-1.01
4000	-0.60	0.25	-1.21	-2.40	-1.45

Berdasarkan data pada **Tabel 4.6**, pada tabel tersebut hasil nilai koefisien hamburan bunyi pada masing-masing posisi memiliki hasil yang berbeda. Hal ini dikarenakan setiap pola variasi tempurung kelapa memiliki karaktersitik masing-masing dalam menangkap gelombang bunyi. Secara umum, data pada **Tabel 4.6** diatas memiliki rentang nilai -2,40 hingga 1,90. Artinya pada masing-masing pola variasi memiliki anomali dengan frekuensi yang berbeda-beda. Rata-rata pada setiap pola variasi memiliki nilai anomali yang berada pada 2 sampai 3

frekuensi kecuali pada pola *concave* 100%. Pada pola variasi *concave* 100% ini memiliki nilai yang berada pada rentang yang sesuai dengan teori yakni 0 sampai 1 hanya saja pada frekuensi 2000 Hz masih bernilai negatif.

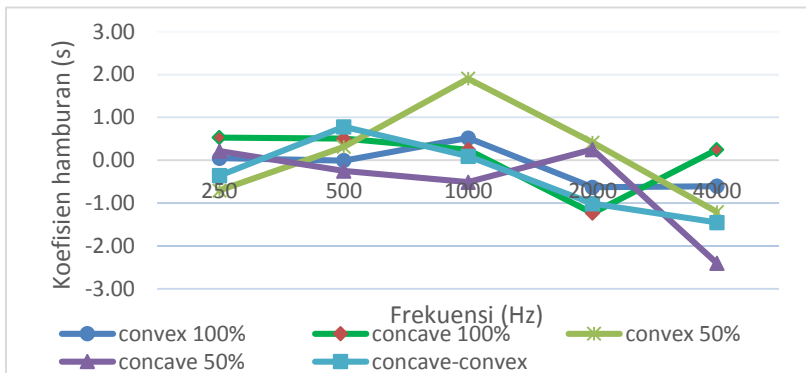
Berdasarkan data pada **Tabel 4.6** jika membandingkan pola variasi *convex* 100% dan *convex* 50 % pada frekuensi 1000 Hz memiliki nilai yang sangat berbeda. Hal ini dikarenakan pada saat pola variasi *concave* 100% memiliki nilai 0,52, artinya 52 % gelombang bunyi terhambur tetapi pada frekuensi yang dengan pola variasi *convex* 50% ini memiliki nilai yang jauh berbeda yakni 1,90 dimana hasil ini dimungkinkan karena pengaruh efek tepi yang bisa dilihat dari bentuk panelnya sendiri (**Gambar 3.4** dan **Gambar 3.5**) dimana panel *convex* 100% lebih rapat dibandingkan dengan *convex* 50% sehingga pada saat pengukuran pengaruh efek tepi panel ini juga berpengaruh terhadap nilai koefisien hamburannya.

Berdasarkan hasil pengukuran yang terlihat pada **Tabel 4.6**, **Tabel L3.7**, **Tabel L3.8** dan **Tabel L3.9**. Secara keseluruhan, nilai paling baik adalah dengan pola variasi *concave* 100% dimana pada sudut 0 derajat, 30 derajat memiliki banyak nilai dalam rentang 0 sampai 1. Pada semua variasi, sudut 60 derajat banyak mengalami anomali. Dari hasil pengukuran pengaruh pola variasi difuser terhadap koefisien hamburan, pada sudut 0 derajat, nilai paling baik adalah dengan pola *convex* 50%, pada sudut 30 derajat pada pola *concave* 100% dan pada sudut 60 derajat pada difuser pola *concave* 50%.

C. Pengaruh Frekuensi Terhadap Koefisien *Scattering*

Berdasarkan data yang ditampilkan pada **Tabel 4.6**, dari data tersebut untuk memudahkan melihat naik turunnya nilai koefisien hamburan, maka data-data yang ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada **Gambar 4.3**. Berdasarkan pada **Gambar 4.3**, terlihat bahwa pada masing-masing pola masih memiliki anomali. Anomali ini terjadi karena nilai koefisien hamburan bergantung pada nilai koefisien absorpsinya dimana

ketika nilai absorpsinya besar maka nilai koefisien hamburannya lebih kecil. Berdasarkan **Gambar 4.3**, pada data sudut 30 derajat pengukuran concave 100% dengan frekuensi 2000 Hz diperoleh nilai T_1 sebesar 2,92 dan T_2 sebesar 2,84. Dari nilai tersebut kemudian dimasukan pada persamaan 2.5 untuk mendapatkan nilai koefisien absorpsinya. Dan diapatkan nilai 0,57. Nilai ini menunjukkan bahwa 57% dari gelombang bunyi itu diserap sehingga berdasarkan hasil tadi difuser *concave* 100% lebih cenderung menyerap bunyi dibandingkan menghamburkan bunyi. Oleh karena itu, penyebab terjadinya anomali pada posisi *concave* 100% adalah koefisien absorpsinya.



Gambar 4.3 Grafik hubungan frekuensi terhadap koefisien hamburan pada pengukuran sudut 30 derajat

Berdasarkan variasi posisi jika dilihat pada frekuensi 1000 Hz juga terjadi anomali yang cukup signifikan adalah pada posisi *convex* 50% dimana nilai koefisien hamburannya menunjukkan lebih dari 1. Jika dihubungkan dengan nilai koefisien absorpsinya, maka pada frekuensi 100 Hz dengan pola *convex* 50% memiliki koefisien absorpsi kecil yaitu 0 atau kurang dari 0.

4.2.2. Pengukuran pola hamburan

A. Pengaruh Frekuensi Terhadap Pola Hamburan

Berdasarkan dari pengukuran pola hamburan data yang diperoleh adalah data pada **Tabel 4.3** dan **Tabel 4.4** dimana dari data tersebut digunakan untuk mencari pola hamburan dengan mencari nilai SPL hamburan dari difusernya. Perhitungan pada pengukuran ini didasarkan pada metode penjumlahan desibel.

Sebagai contoh adalah ketika nilai SPL hasil pengukuran adalah:

SPL tanpa difuser (triplek saja) = 54.63 dB

SPL dengan diffuser = 56.43 dB

berdasarkan pada persamaan 3.1 nilai SPL hamburanya

$$SPL_{sc} = SPL_d - SPL_{TD}$$

$$56.43 = 10 \log \left[\frac{(2 \times 10^{-5} \cdot 10^{\frac{54.63}{10}})^2}{2 \times 10^{-5}} \right]^2$$

$$P_d = 0.0133$$

$$54.63 = 10 \log \left[\frac{(2 \times 10^{-5} \cdot 10^{\frac{54.63}{10}})^2}{2 \times 10^{-5}} \right]^2$$

$$P_{TD} = 0.01078$$

$$P_{sc}^2 = P_d^2 - P_{TD}^2$$

$$P_{sc}^2 = 0.000059$$

$$SPL_{sc} = 10 \log \frac{P_{sc}^2}{P_{ac}^2}$$

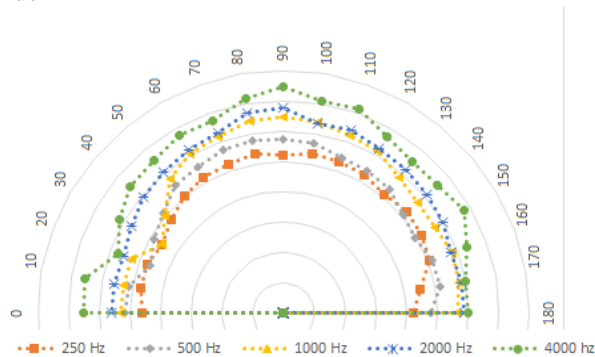
$$SPL_{sc} = 10 \log \frac{0.000059}{(2 \times 10^{-5})^2}$$

$$SPL_{sc} = 51.72 \text{ dB}$$

- SPL_d : SPL dengan difuser (dB)
 SPL_{TD} : SPL tanpa difuser (triplek saja) (dB)
 SPL_{sc} : SPL hamburan (dB)
 P_d : Tekanan bunyi dengan difuser (N/m^2)
 P_{TD} : Tekanan bunyi tanpa difuser (N/m^2)
 P_{ac} : Tekanan acuan/referensi (N/m^2)
 P_{sc} : Tekanan bunyi yang dihamburkan (N/m^2)

Dengan menggunakan perhitungan yang sama nilai SPL hamburan pada semua variasi posisi dapat diketahui data selengkapnya untuk nilai SPL hamburan ini terdapat pada lampiran 4.

Berdasarkan dari data yang didapat, untuk mempermudah pembacaan data maka dibuatlah diagram polar seperti **Gambar 4.4** berikut



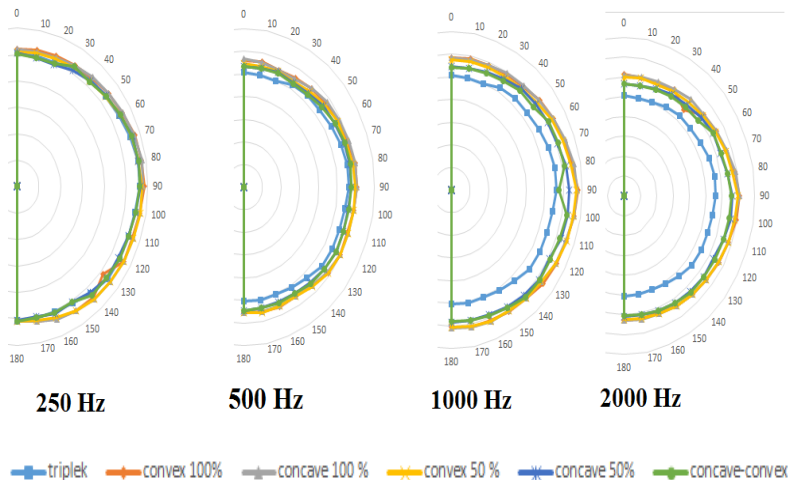
Gambar 4.4 Grafik pola hamburan panel difuser dengan Pola variasi concave 100%.

Secara teoritis (Trevor, 2004) menyatakan bahwa tujuan dari pengukuran pola hamburan ini adalah untuk mengkarakterisasi sebuah difuser yakni melihat bentuk pola dari hasil pemantulan suara. Berdasarkan pada **Gambar 4.4** diatas memperlihatkan bahwa panel difuser pada posisi *concave* 100% ini memiliki bentuk hamburan yang merata. Namun pada frekuensi 4000Hz hamburannya tidak merata dimana ada yang

naik dan ada yang turun. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan dan pengurangan SPL. SPL adalah penambahan energi yang berasal dari hasil pantulan terhadap permukaan yang dikenai gelombang bunyi. Adanya penambahan energi menyebabkan interferensi gelombang. Dimana interferensi ini terjadi pada akibat adanya pantulan lagi dari permukaan difuser. pada **Gambar 4.4** memperlihatkan semakin tinggi frekuensinya maka semakin tinggi penambahan energi yang terjadi.

B. Pengaruh pola variasi peletakan tempurung kelapa muda terhadap pola hamburan

Berdasarkan data yang diperoleh sesuai **Tabel 4.3-4.4** pada subbab ini akan membahas mengenai pengaruh pola variasi penempatan tempurung difuser terhadap pola hamburannya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik polar pada **Gambar 4.5** berikut ini.



Gambar 4.5 Grafik pola hamburan panel difuser

Pada **Gambar 4.5** dapat diketahui bahwa kemampuan difuser menghamburkan bunyi adalah pada masing-masing frekuensi memiliki pola hamburannya hampir sama. Dari hasil ini, terlihat bahwa penambahan difuser pada saat pengukuran bahwa penambahan tempurung kelapa yang diletakkan pada posisi variasi *concave* 100%, *convex* 100 %, *concave* 50%, *convex* 50% dan *concave-convex* tidak mempengaruhi pola hamburannya pada frekuensi 250 Hz. Dari **Gambar 4.5** terlihat bahwa semakin tinggi frekuensinya maka penambahan SPL yang terjadi. Ini terjadi karena adanya tambahan energi dari pantulan difuser. seperti pada subab 4.2.4, penambahan SPL ini mengakibatkan adanya interferensi. Interferensi gelombang nantinya akan menyebabkan adanya peristiwa saling menghilangkan gelombang bunyi dan penambahan gelombang bunyi. Terlihat pada **Gambar 4.5**, interferensi yang terjadi pada frekuensi interferensi konstruktif dimana semakin tinggi frekuensi maka semakin besar penguatan bunyi yang terjadi. semakin besar nilai SPL semakin besar nilai kemampuan difuser menghamburkan bunyi Pada **Gambar 4.5** pola *convex* 50% memiliki pola hamburan yang besar. Sehingga pola *convex* 50% lebih besar menghamburkan bunyi yang diikuti pola *concave-convex*.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Bentuk penampang dari temurung kelapa menjadikannya sebuah difuser. Besarnya nilai koefisien hamburan dengan variasi sudut memberikan:
 - a. Pada sudut 0^0 nilai yang paling besar adalah difuser dengan pola *concave* 50% pada frekuensi 500 Hz yaitu 0,84.
 - b. Pada sudut 30^0 nilai yang paling besar adalah difuser dengan pola *concave* 100% pada frekuensi 250 Hz yaitu 0,53.
 - c. Pada sudut 60 derajat nilai yang paling besar pada pola *concave-convex* pada frekuensi 4000 Hz yaitu 0,99.
2. Pada pola hamburan, berdasarkan pengukuran didapat
 - a. Semakin tinggi frekuensi sumber bunyi yang diberikan semakin besar pula penambahan SPL yang terjadi.
 - b. Pada difuser *convex* 50% memiliki karakter yang signifikan di frekuensi tinggi.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini yaitu:
Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai difuser dengan tempurung kelapa.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- D'Antonio P, TJ Cox. 2004. *"Acoustic absorbers and diffuser: theory, design and application"*. Spoon Press : London.
- Doelle, Leslie L. 1972. *"Environmental Acoustic"*. McGraw-Hill: USA.
- Egan,M.David.1988."*Architectural Acoustics Classics*".J.Ross Pub:USA
- Indrawati,Susilo.2016." CSR(coco sell resonator desain unik dari limbah tempurung kelapa".jurusan Fisika ITS:Surabaya.
- ISO 174971:2004. *Acoustics -- Sound-scattering properties of surfaces -- Part 1: Measurement of the random-incidence scattering coefficient in a reverberation room*
- Jeon YJ, Sung CL, Michael V. 2004. *"Development of Scattering Surfaces for Concert Halls"*. Applied Acoustics 65:341-355.
- Mediastika,Christina E.2005."*Akustika Bangunan:Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia*".Erlangga.Jakarta.
- Nur Laela.2015." fisika bangunan 2".Griya Kreasi:Jakarta
- Satwiko. 2009. *Pengertian Kenyamanan Dalam Suatu Bangunan*. Wignjosoebroto :Yogyakarta
- Suptandar,J.Pamudi.2004. " Faktor dalam Perancangan Disain Interior".Djambatan:Jakarta.

Werner Hans, S. 1981. "*More on the Diffraction Theory of Schroeder Diffusers*", J.Acoust.Soc. Am.70,633.

Yuliani.2011."Karakteristik Selai Tempurung Kelapa Muda".Jurusan Teknik Kimia:Ujung Pandang.

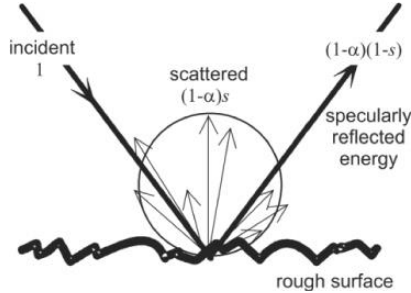
<http://www.flickrriver.com/photos/noorhilmi/tags/akustik/> diakses pada tanggal 28 September 2016

<http://www.phy.mtu.edu/~suits/diffusers.html> diakses pada tanggal 28 September 2016

<https://jokosarwono.wordpress.com/2009/04/10/waktu-dengung-reverberation-time/> diakses pada tanggal 30 desember 2016

LAMPIRAN 1

Ketika suatu gelombang bunyi mengenai suatu permukaan yang tidak rata, maka perjalanan bunyi tersebut dapat dijelaskan seperti gambar berikut:



Gelombang bunyi datang dan mengenai permukaan yang tidak rata mengalami beberapa peristiwa dimana peristiwa ini adalah diserap, dipantulkan spekular dan dihamburkan. Bunyi yang datang akan diserap sebagian energinya oleh permukaan bergantung pada koefisien penyerapan bahanya. Sebagian energinya tadi akan dipantulkan secara spekular dan dihamburkan. Oleh karena itu jika dihubungkan pernyataan tadi dapat dituliskan dalam persamaan berikut

$$E_{datang} = E_{serap} + E_{pantul\ total} \quad (LI.1)$$

Dimana:

- E_{datang} : Jumlah total energi datang
- E_{serap} : energi yang diserap oleh permukaan
- $E_{pantul\ total}$: energi yang dipantulkan spekular dan terhambur

Berdasarkan persamaan diatas, pada ruas kanan dapat dituliskan

$$S = \frac{\alpha_{spek} - \alpha}{\alpha} = 1 - \frac{E_{spek}}{E_{pantul\ total}} \quad (LI.2)$$

Apabilai dihubungkan dengan pengertian koefisien hamburan yaitu perbandingan antara energi terhambur dengan dngan energi terpantul total (spekular dan terhambur) sehingga ruas kanan pada persamaan (LI.2) menjadi

$$S = \frac{E_{scat}}{E_{pantul\ total}}$$

$$S = \frac{E_{pantul\ total} - E_{spec}}{E_{pantul\ total}}$$

$$S = 1 - \frac{E_{spec}}{E_{pantul\ total}} \quad (LI.3)$$

Dimana:

$$E_{scat} = E_{pantul\ total} - E_{spec}$$

$$E_{spec} = E_{pantul\ total} - E_{scat}$$

$$E_{pantul\ total} = E_{datang} - E_{serap}$$

Sedangkan pada ruas kiri

$$\alpha = \frac{E_{serap}}{E_{datang}} = \frac{\text{energi yang tidak terpantul}}{E_{datang}}$$

Sedangkan α_{spec} adalah

$$\alpha_{spec} = \frac{E_{serap} + E_{scat}}{E_{datang}} = \frac{\text{energi yang tidak terpantul spekular}}{E_{datang}}$$

$$E_{pantul\ total} \cdot S = E_{scat}$$

$$E_{pantul\ total} \cdot S = (E_{scat} + E_{scat}) - E_{scat}$$

$$E_{pantul\ total} \cdot S = \left(\frac{E_{scat} + E_{scat}}{E_{datang}} \right) E_{datang} - E_{serap}$$

$$(E_{datang} - E_{serap}) \cdot S = \alpha_{spec} \cdot E_{datang} - \alpha \cdot E_{serap}$$

$$E_{datang} \left(1 - \frac{E_{serap}}{E_{datang}} \right) \cdot S = \alpha_{spec} \cdot E_{datang} - \alpha \cdot E_{serap}$$

$$E_{datang} (1 - \alpha) \cdot S = (\alpha_{spec} - \alpha) E_{serap}$$

Sehingga:

$$(1 - \alpha) \cdot S = (\alpha_{spec} - \alpha)$$

$$S = \frac{\alpha_{spec} - \alpha}{1 - \alpha}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2

PENURUNAN RUMUS KOEFISIEN PENYERAPAN DAN KOEFISIEN PENYERAPAN SPEKULAR

Waktu dengung yang digunakan yaitu dengan waktu dengung sabine, yaitu:

$$T = \frac{0.16 V}{A} = \frac{0.16V}{S_n \alpha_n}$$

Sehingga, waktu dengung ruang adalah

$$T = \frac{0.16 V}{A_{ruang}} = \frac{0.16V}{S_{ruang} \alpha_{ruang}}$$

Apabila di dalam ruang terdapat *turntable* (meja putar), maka persamaan T menjadi

$$T_1 = \frac{0.16 V}{A_{ruang} + A_{turntable}}$$

$$T_1 = \frac{0.16V}{(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable})}$$

$$(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) = \frac{0.16 V}{T_1} \quad (L2.1)$$

Dan apabila di atas *turntable* diletakkan diffuser dengan luas tidak sama dengan *turntable* maka persamaan T menjadi

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{0.16V}{A_{rusng} + A_{turntable} - A_{turntable} + A_{difuser}} \\ &= \frac{0.16V}{(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - (\alpha_{turntable} S_{turntable}) + (S_{difuser} \alpha_{difuser})} \end{aligned}$$

Apabila di atas *turntable* diletakkan difuser dengan luas sama dengan *turntable* tetapi tidak berputar, maka persamaan T menjadi

$$T_2 = \frac{0,16V}{A_{ruang} + A_{ruang} - (\alpha_{turntable} S_{turntable}) + S_{turntable} \alpha_{difuser}}$$

$$= \frac{0,16V}{S_{ruang} \alpha_{ruang} + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser})}$$

Dapat ditulis dengan

$$S_{ruang} \alpha_{ruang} + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) = \frac{0,16 V}{T_2} \quad (L2.2)$$

Dengan mengurangi persamaan L2.2 dengan persamaan L2.1 didapatkan

$$(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) = \frac{0,16 V}{T_2}$$

$$(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) = \frac{0,16 V}{T_1} \quad \text{---}$$

$$-S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) = 0,16 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (L2.3)$$

Karena $-S \cdot \alpha_{turntable}$ bernilai sangat kecil, maka dapat diabaikan sehingga persamaan L2.3 menjadi

$$\alpha_{difuser} = 0,16V \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Sedangkan untuk α_{spec} ,

Apabila di dalam ruang terdapat *turntable* (meja putar) yang berputar, maka persamaan T menjadi

$$T_3 = \frac{0,16V}{A_{ruang} + A_{turntable}} = \frac{0,16V}{(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable})}$$

$$(S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) = \frac{0.16 V}{T_3} \quad (L2.4)$$

Apabila di atas *turntable* diletakkan difuser dengan luas sama dengan *turntable* tetapi berputar, maka persamaan T menjadi

$$\begin{aligned} T_4 &= \frac{0.16V}{A_{ruang} + A_{turntable} - (\alpha_{turntable} S_{turntable}) + S_{turntable} \alpha_{difuser}} \\ &= \frac{0.16V}{S_{ruang} \alpha_{ruang} + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser})} \end{aligned}$$

Dapat pula ditulis dengan

$$S_{ruang} \alpha_{ruang} + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) = \frac{0.16 V}{T_4} \quad (L2.5)$$

Dengan mengurangkan persamaan L2.5 dengan persamaan L2.4 didapatkan

$$\begin{aligned} (S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) - S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) &= \frac{0.16 V}{T_4} \\ (S_{ruang} \alpha_{ruang}) + (S_{turntable} \alpha_{turntable}) &= \frac{0.16 V}{T_3} \quad \text{---} \\ -S(\alpha_{turntable} \alpha_{difuser}) &= 0.16V \left(\frac{1}{T_4} - \frac{1}{T_3} \right) \quad (L2.6) \end{aligned}$$

Karena $-S \cdot \alpha_{turntable}$ bernilai sangat kecil, maka dapat diabaikan sehingga persamaan L2.6 menjadi

$$\alpha_{specular} = 0.16V \left(\frac{1}{T_4} - \frac{1}{T_3} \right)$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 3

DATA PENGUKURAN WAKTU DENGUNG (T1, T2, T3, T4) DAN KOEFISIEN HAMBURAN

Tabel L3.1 Data waktu dengung T1 dan T2 pada sudut pengukuran 0°

Freq[Hz]	T1	T2				
		<i>convex</i> 100%	<i>Concave</i> 100%	<i>Convex</i> 50%	<i>Concave</i> 50%	<i>Concave-convex</i>
250	2.009	1.969	1.972	1.858	1.76	1.831
500	2.604	2.593	2.64	2.639	2.584	2.593
1000	2.891	3.000	2.871	2.922	2.886	2.959
2000	3.07	3.120	3.199	3.111	3.188	3.151
4000	2.96	3.195	3.088	3.324	3.245	3.273

Tabel L3.2 Data waktu dengung T3 dan T4 pada sudut pengukuran 0°

Freq[Hz]	T3	T4				
		<i>convex</i> 100%	<i>Concave</i> 100%	<i>Convex</i> 50%	<i>Concave</i> 50%	<i>Concave-convex</i>
250	1.766	1.768	1.901	1.795	1.591	2.031
500	2.629	2.554	2.538	2.547	2.627	2.621
1000	2.892	2.909	2.855	2.856	2.869	2.957
2000	3.04	3.046	3.114	2.995	3.29	3.27
4000	3.218	3.482	3.442	3.424	3.673	3.859

Tabel L3.3 Data waktu dengung T1 dan T2 pada sudut pengukuran 30°

Freq[Hz]	T1	T2				
		<i>convex</i> 100%	<i>Concave</i> 100%	<i>Convex</i> 50%	<i>Concave</i> 50%	<i>Concave-convex</i>
250	3.160	3.250	3.254	3.402	3.377	3.316
500	3.421	3.400	3.499	4.277	4.384	4.249
1000	3.425	3.463	3.466	3.973	4.12	4.094
2000	2.918	2.882	2.841	3.743	3.805	3.732
4000	2.730	2.699	2.707	2.959	2.975	3.016

Tabel L3.4 Data waktu dengung T3 dan T4 pada sudut pengukuran 30°

Freq [Hz]	T3	T4				
		<i>convex</i> 100%	<i>Concave</i> 100%	<i>Convex</i> 50%	<i>Concave</i> 50%	<i>Concave-convex</i>
250	3.203	3.282	3.161	3.562	3.356	3.342
500	3.370	3.351	3.315	4.195	4.446	4.144
1000	3.393	3.316	3.377	4.101	4.214	4.064
2000	2.913	2.940	2.905	3.845	3.934	4.108
4000	2.721	2.743	2.675	3.186	3.386	3.281

Tabel L3.5 Data waktu dengung T1 dan T2 pada sudut pengukuran 60°

Freq[Hz]	T1	T2				
		<i>convex</i> 100%	<i>Concave</i> 100%	<i>Convex</i> 50%	<i>Concave</i> 50%	<i>Concave-convex</i>
250	3.639	3.423	3.510	3.592	3.684	3.715
500	2.737	2.685	2.671	2.745	2.808	2.811
1000	3.463	3.398	3.460	3.425	3.45	3.355
2000	3.358	3.156	3.209	3.158	3.35	3.264
4000	2.951	3.044	3.020	3.066	3.047	2.988

Tabel L3.6 Data waktu dengung T3 dan T4 pada sudut pengukuran 60°

Freq[Hz]	T3	T4				
		<i>convex</i> 100%	<i>Concave</i> 100%	<i>Convex</i> 50%	<i>Concave</i> 50%	<i>Concave-convex</i>
250	3.426	3.739	3.703	4.283	3.509	3.838
500	2.685	2.721	2.770	2.924	2.672	2.675
1000	3.373	3.388	3.378	3.533	3.51	3.387
2000	3.235	3.226	3.268	3.216	3.208	3.194
4000	3.082	3.141	3.117	3.070	2.959	2.939

Tabel L3.7 Data koefisien *scattering* pada sudut pengukuran 0°

Freq [Hz]	koefisien scattering				
	convex 100%	Concave 100%	Convex 50%	Concave 50%	Concave- convex
250	-1.81	1.89	8.69	0.15	3.78
500	0.66	0.84	0.77	-0.20	-0.03
1000	0.37	0.05	0.34	0.14	0.01
2000	0.21	0.14	0.41	-0.46	-0.60
4000	0.03	-0.28	0.28	-0.19	-0.40

Tabel L3.8 Data koefisien *scattering* pada sudut pengukuran 30°

Freq [Hz]	koefisien scattering				
	convex 100%	Concave 100%	Convex 50%	Concave 50%	Concave- convex
250	0.05	0.53	-0.71	0.21	-0.36
500	-0.01	0.51	0.31	-0.25	0.78
1000	0.52	0.25	1.90	-0.51	0.09
2000	-0.63	-1.23	0.41	0.25	-1.01
4000	-0.60	0.25	-1.21	-2.40	-1.45

Tabel L3.9 Data koefisien *scattering* pada sudut pengukuran 30°

Freq [Hz]	koefisien scattering				
	convex 100%	Concave 100%	Convex 50%	Concave 50%	Concave- convex
250	32.74	-5.35	-4.97	-0.18	-1.19
500	-1.34	-2.91	-1.72	0.44	0.43
1000	-0.65	-0.04	-1.29	-0.85	-1.55
2000	6.07	-7.57	6.09	0.12	-0.62
4000	0.16	0.17	0.49	0.90	0.99

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 4

DATA PENGUKURAN POLA HAMBURAN

Tabel L4.1 Data hasil pengukuran SPL langsung

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	50.57	54.63	56.96	58.70	64.35
10	50.08	53.80	57.15	58.99	64.85
20	50.05	54.30	57.31	59.84	64.32
30	51.96	53.81	59.07	60.23	65.44
40	52.84	55.23	59.58	61.10	66.67
50	52.98	55.55	58.91	60.88	65.90
60	53.90	55.92	59.36	62.32	67.51
70	55.31	56.60	61.38	64.11	70.99
80	56.31	57.42	62.83	65.22	71.74
90	56.14	57.69	63.86	67.14	74.39
100	54.76	56.74	63.16	66.95	74.55
110	54.48	57.26	62.15	65.46	73.29
120	54.36	57.69	61.22	64.52	72.77
130	54.23	56.68	61.33	63.65	70.87
140	52.52	55.52	60.75	62.69	69.84
150	50.92	54.62	59.87	62.07	69.16
160	50.38	54.05	58.94	61.76	68.85
170	50.59	53.93	58.94	60.93	68.96
180	50.38	54.39	58.72	60.61	68.78

Tabel L4.2 Data hasil pengukuran SPL_{total} untuk *convex* 100%

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	51.91	55.89	58.52	61.14	66.63
10	52.42	56.33	58.84	60.53	66.43
20	52.45	54.98	58.58	60.74	68.59
30	52.97	55.39	58.97	61.57	58.97
40	53.57	56.55	59.67	56.55	59.67
50	54.60	57.45	61.53	63.32	68.47
60	55.68	57.84	63.08	65.02	70.32
70	57.44	59.06	64.48	66.50	72.20
80	57.85	60.40	65.94	68.73	74.51
90	58.26	60.36	67.92	70.39	77.38
100	56.93	59.48	66.61	69.44	76.07
110	56.39	59.12	65.47	67.95	75.17
120	56.61	59.30	64.79	66.77	73.53
130	51.65	59.07	64.05	65.72	71.71
140	54.76	56.52	62.05	64.84	71.27
150	54.16	55.43	61.73	64.07	71.24
160	52.90	56.04	61.15	62.66	70.64
170	51.86	55.85	61.38	62.76	69.95
180	50.93	55.36	60.57	62.77	69.73

Tabel L4.3 Data hasil pengukuran SPL_{total} untuk *concave* 100%

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	51.89	56.43	58.37	60.63	67.70
10	51.88	55.62	58.56	60.68	68.24
20	51.90	54.92	58.64	61.13	65.14
30	52.88	54.92	59.26	61.98	66.99
40	54.03	56.68	60.07	63.31	68.93
50	54.82	58.19	61.31	63.83	68.89
60	56.00	58.88	63.07	65.17	70.70
70	57.11	59.93	64.64	66.62	72.58
80	58.03	60.56	66.56	69.21	74.73
90	57.63	60.48	67.39	70.34	77.55
100	57.04	59.70	66.53	68.55	76.07
110	56.81	59.16	65.37	67.86	75.53
120	56.58	59.29	64.43	66.63	73.78
130	55.91	58.38	63.04	65.72	71.92
140	55.33	56.75	62.26	64.91	71.19
150	54.35	55.77	61.56	64.19	71.57
160	53.43	55.93	61.71	63.30	69.97
170	51.67	55.97	61.43	63.05	69.51
180	51.02	55.29	60.71	62.77	69.33

Tabel L4.4 Data hasil pengukuran SPL_{total} untuk *convex* 50%

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	50.82	54.38	57.62	60.07	65.80
10	51.21	53.99	57.71	60.14	65.36
20	51.47	54.16	57.69	59.59	66.68
30	52.04	53.75	57.75	60.75	65.24
40	51.94	55.05	58.41	61.68	66.56
50	53.02	56.49	59.93	62.63	67.79
60	54.43	57.88	62.12	64.59	70.13
70	55.80	58.22	63.40	66.11	70.80
80	56.41	59.12	64.72	67.01	72.47
90	57.21	59.57	66.66	69.39	75.43
100	57.47	59.63	66.37	68.77	76.06
110	56.61	59.48	65.83	68.02	75.67
120	56.67	59.38	64.66	66.67	73.61
130	55.83	58.72	63.01	65.67	71.78
140	55.33	57.13	62.19	64.88	71.05
150	54.30	55.73	61.57	64.25	69.95
160	52.66	55.94	61.52	62.97	69.62
170	51.35	56.30	61.16	62.91	69.08
180	50.84	55.31	60.68	62.41	69.19

Tabel L4.5 Data hasil pengukuran SPL_{total} untuk *concave* 50%

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	50.64	53.40	54.31	56.56	61.83
10	49.47	53.33	54.51	56.52	62.68
20	49.29	53.89	55.42	57.46	62.35

30	50.75	53.04	56.63	58.88	63.77
40	52.35	53.95	58.47	59.44	64.85
50	53.50	55.67	58.80	61.37	66.31
60	54.39	56.16	59.51	62.81	67.40
70	56.16	57.15	60.31	62.77	70.33
80	56.45	57.72	62.09	64.38	71.43
90	56.43	57.54	63.12	66.09	73.36
100	55.33	56.86	63.33	66.31	73.65
110	54.41	56.77	62.34	64.55	72.93
120	53.37	56.86	60.51	63.12	72.29
130	53.81	56.05	61.30	63.78	70.69
140	52.05	54.86	60.42	62.64	69.95
150	50.26	54.23	59.53	62.18	69.25
160	50.91	54.11	58.57	61.44	69.68
170	49.95	53.97	58.59	60.66	69.15
180	50.43	54.31	58.19	60.83	68.97

Tabel L4.6 Data hasil pengukuran SPL_{total} *concave-convex*

Sudut					
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	50.22	53.42	54.20	56.24	61.11
10	49.43	53.01	54.29	56.45	61.96
20	49.70	53.51	54.80	57.02	62.27
30	52.46	52.46	55.65	57.77	63.26
40	51.85	53.28	57.22	58.22	63.88
50	53.24	54.71	57.19	59.13	64.26
60	54.59	56.31	60.05	63.18	68.47
70	55.75	57.39	60.54	63.10	71.10
80	56.68	58.11	61.28	64.19	70.77

90	56.30	57.38	57.38	65.61	72.41
100	55.09	56.99	62.59	65.33	73.42
110	54.49	56.85	61.64	64.67	73.04
120	54.19	57.18	61.21	63.92	72.99
130	53.60	56.07	61.49	63.41	71.34
140	53.42	55.84	61.62	63.36	71.50
150	50.26	54.17	59.84	62.58	69.38
160	50.67	54.23	58.85	61.68	68.68
170	50.25	53.90	58.59	60.80	68.69
180	51.03	54.42	58.05	60.44	68.23

Tabel L4.7 Data hasil pengukuran $SPL_{scatter}$ untuk *convex* 100%

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	46.15	49.89	53.33	57.47	62.75
10	48.62	52.78	53.90	55.29	61.29
20	48.73	46.55	52.64	53.43	66.56
30	46.15	50.24	0.00	55.80	0.00
40	45.44	50.73	42.97	0.00	0.00
50	49.54	52.93	58.10	59.64	64.97
60	50.96	53.36	60.68	61.67	67.09
70	53.31	55.41	61.55	62.76	66.05
80	52.60	57.36	63.02	66.16	71.24
90	54.14	56.99	65.74	67.60	74.36
100	52.88	56.18	63.99	65.83	70.79
110	51.92	54.56	62.75	64.35	70.63
120	52.67	54.19	62.28	62.85	65.58
130	0.00	55.32	60.72	61.51	64.14
140	50.81	49.65	56.17	60.76	65.76

150	51.38	47.72	57.15	59.73	67.03
160	49.35	51.69	57.15	55.42	65.92
170	45.92	51.37	57.72	58.12	63.04
180	41.74	48.37	55.97	58.71	62.70

Tabel L4.8 Data hasil pengukuran $SPL_{scatter}$ untuk *concave* 100%

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	46.07	51.72	52.80	56.18	65.01
10	47.20	50.98	52.99	55.76	65.57
20	47.29	46.11	52.86	55.20	57.48
30	45.67	48.45	45.68	57.19	61.78
40	47.81	51.22	50.36	59.30	65.02
50	50.21	54.76	57.59	60.76	65.87
60	51.84	55.82	60.66	61.98	67.86
70	52.41	57.21	61.87	63.04	67.43
80	53.17	57.67	64.17	67.00	71.71
90	52.27	57.24	64.84	67.52	74.69
100	53.14	56.65	63.85	63.43	70.77
110	52.99	54.66	62.55	64.14	71.58
120	52.61	54.17	61.61	62.48	66.96
130	50.97	53.49	58.17	61.51	65.23
140	52.10	50.66	56.92	60.93	65.45
150	51.72	49.44	56.66	60.05	67.86
160	50.46	51.39	58.45	58.07	63.54
170	45.10	51.70	57.83	58.92	60.26
180	42.45	48.00	56.37	58.70	60.11

Tabel L4.9 Data hasil pengukuran $SPL_{scatter}$ untuk *convex* 50%

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	38.46	0.00	49.10	54.38	60.35
10	44.83	40.35	48.50	53.82	55.82
20	45.91	0.00	46.98	0.00	62.90
30	34.31	0.00	0.00	51.26	0.00
40	0.00	0.00	0.00	52.61	0.00
50	32.10	49.37	53.17	57.82	63.28
60	45.08	53.49	58.85	60.68	66.69
70	46.05	53.15	59.11	61.77	0.00
80	39.77	54.22	60.19	62.30	64.39
90	50.62	55.04	63.42	65.46	68.71
100	54.14	56.50	63.55	64.10	70.75
110	52.49	55.50	63.40	64.51	71.93
120	52.83	54.44	62.04	62.60	66.11
130	50.72	54.44	58.06	61.37	64.54
140	52.12	52.06	56.69	60.85	64.94
150	51.63	49.27	56.67	60.21	62.17
160	48.78	51.41	58.03	56.86	61.76
170	43.43	52.54	57.19	58.53	53.41
180	40.95	48.12	56.29	57.72	58.81

Tabel L4.10 Data hasil pengukuran $SPL_{scatter}$ untuk terlentang 50%

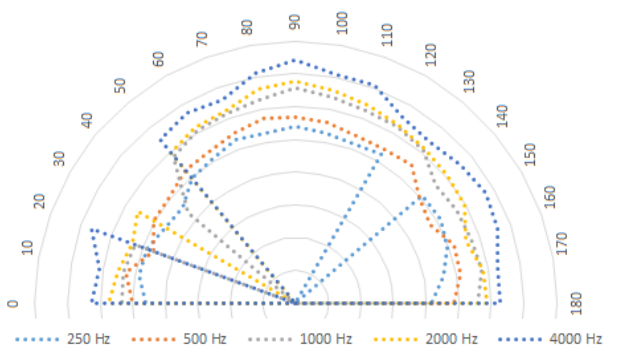
Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	44.00	40.02	0.00	51.66	55.90
60	44.64	43.57	44.80	53.08	0.00
70	48.65	47.88	0.00	0.00	0.00
80	41.29	45.98	0.00	0.00	0.00
90	44.55	0.00	0.00	0.00	0.00
100	46.22	41.24	0.00	0.00	0.00
110	0.00	0.00	48.68	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
130	0.00	0.00	0.00	48.38	0.00
140	0.00	0.00	0.00	0.00	53.93
150	0.00	0.00	0.00	45.89	52.24
160	41.50	35.03	0.00	0.00	62.09
170	0.00	32.71	0.00	0.00	55.55
180	31.58	0.00	0.00	47.90	55.46

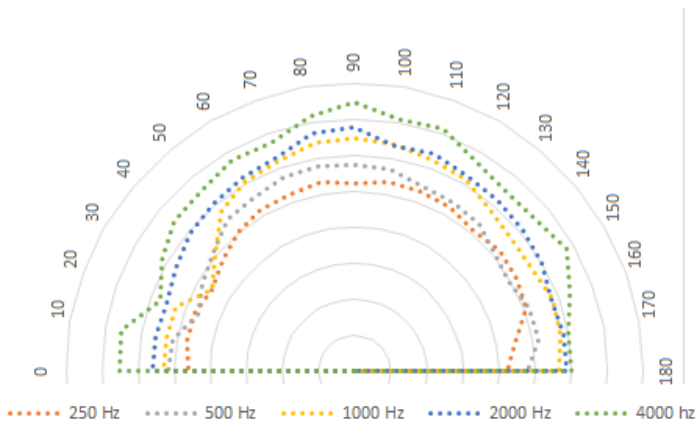
Tabel L4.11 Data hasil pengukuran $SPL_{scatter}$ untuk tengkurap-terlentang

Sudut	SPL (dB)				
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	44.00	40.02	0.00	51.66	55.90
60	44.64	43.57	44.80	53.08	0.00

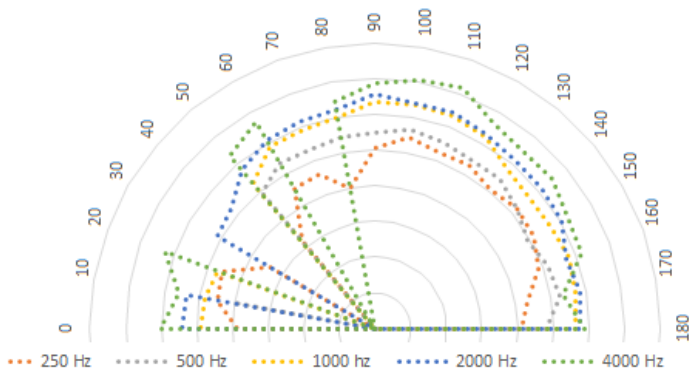
70	48.65	47.88	0.00	0.00	0.00
80	41.29	45.98	0.00	0.00	0.00
90	44.55	0.00	0.00	0.00	0.00
100	46.22	41.24	49.02	0.00	0.00
110	0.00	0.00	48.68	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
130	0.00	0.00	0.00	48.38	0.00
140	0.00	0.00	0.00	0.00	53.93
150	0.00	0.00	0.00	45.89	52.24
160	41.50	35.03	0.00	0.00	62.09
170	0.00	32.71	0.00	0.00	55.55
180	31.58	0.00	0.00	47.90	55.46



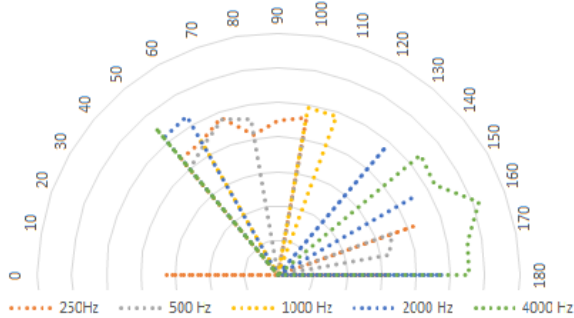
Gambar L7.1 Grafik pola hamburan pada difuser dengan tempurung *convex* 100%



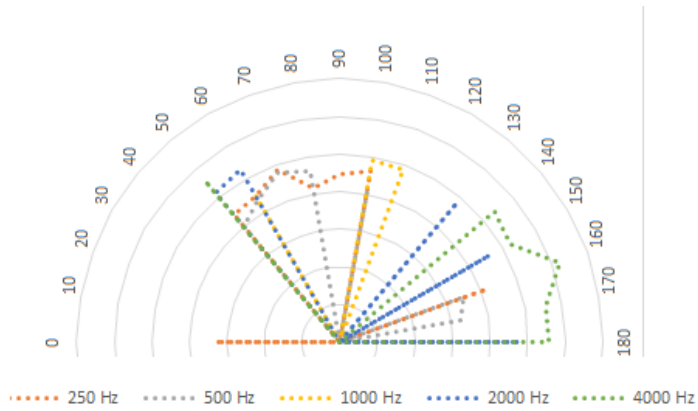
Gambar L7.2 Grafik pola hamburan pada difuser dengan tempurung *concave* 100%



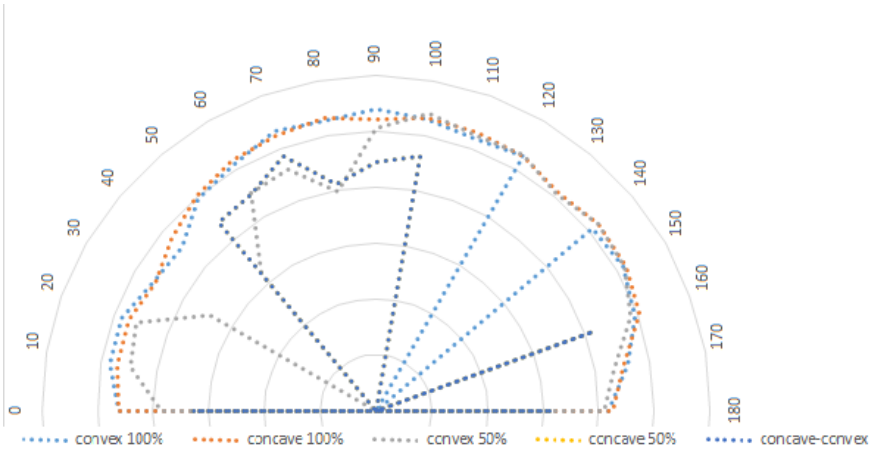
Gambar L7.3 Grafik pola hamburan pada difuser dengan tempurung *convex* 50%



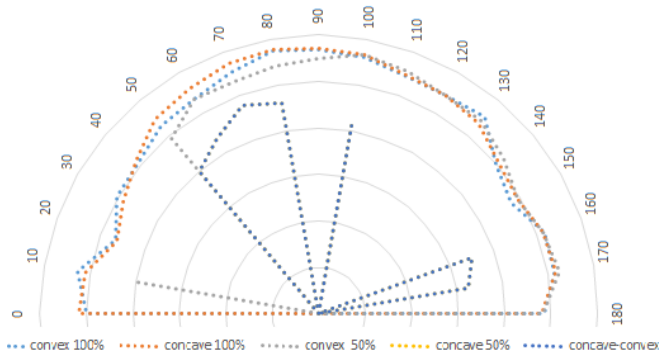
Gambar L7.4 Grafik pola hamburan pada difuser dengan tempurung *concave* 50%



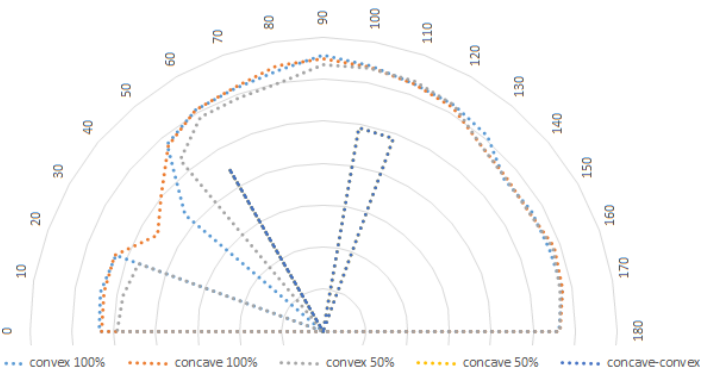
Gambar L7.5 Grafik pola hamburan pada difuser dengan *concave-convex*



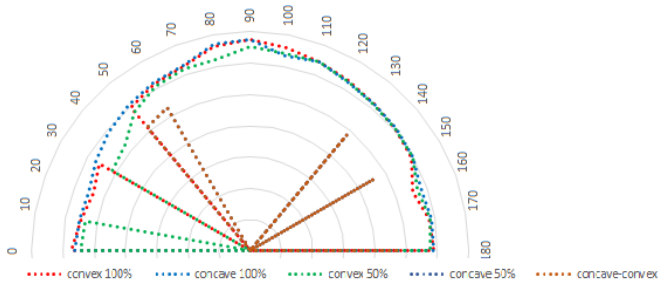
Gambar L7.6 Grafik pola hamburan pada frekuensi 250Hz



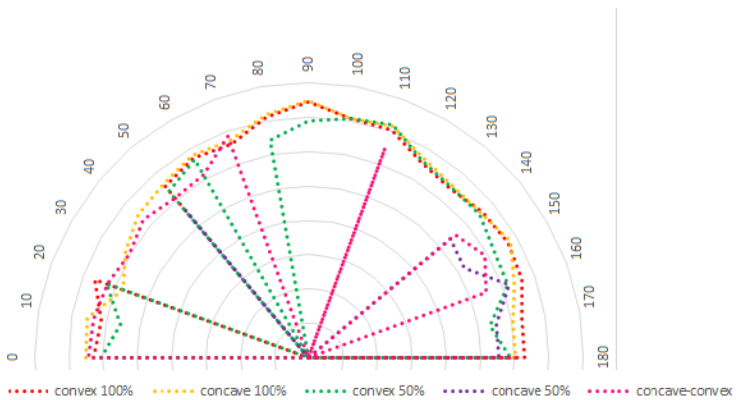
Gambar L7.7 Grafik pola hamburan pada frekuensi 500Hz



Gambar L7.8 Grafik pola hamburan pada frekuensi 1000Hz



Gambar L7.9 Grafik pola hamburan pada frekuensi 2000Hz



Gambar L7.10 Grafik pola hamburan pada frekuensi 4000Hz

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Penulis Evi Dwiyanti merupakan anak tunggal yang lahir dari pasangan bapak Kasmono dan(almh) ibu Wati. Penulis lahir di Bojonegoro, 25 Maret 1994. Penulis yang menempuh pendidikan formal antara lain TK Mekar Sari Surabaya, SDN Manyar Sabrangan II/231 Surabaya, SMPN 19 Surabaya, dan SMAN 14 Surabaya. Pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) surabaya jurusan

fisika FMIPA melalui jalur PKM dan tercatat dengan NRP 1112100097. Selama kuliah penulis mengambil bidang minat yaitu Instrumentasi Akustik. Selama penulis menjadi mahasiswa fisika ITS, penulis aktif dalam bidang organisasi di IFLS (ITS *Foreign Languages Society*). Selama berada di IFLS penulis sempat menjabat sebagai Staff divisi bahasa jepang periode 2013-2014. Setelah itu penulis juga pernah menjabat sebagai ketua departemen PSDM di IFLS periode 2014-2015 dan menjabat sebagai ketua divisi korea di periode 2014-2015. Selama di organisasi penulis juga mengikuti berbagai macam kepanitiaan yang ada di IFLS diantaranya adalah panitia INOCHI dari mulai tahun 2012-2016. Selain itu juga pernah menjadi ketua koor di acara K-Fest (2015). Harapan penulis agar karya ini dapat bermanfaat untuk pembacanya sebagai sarana untuk mengembangkan potensi diri untuk melakukan penelitian-penelitian terkait. Kritik dan saran yang bersifat membangun ke evidwiyanti250394@gmail.com motto penulis adalah “ Jalani hidup dengan senyuman, jalani pekerjaan dengan hati, dan bahagia itu adalah ketika orang lain bahagia”..

“Halaman ini sengaja dikosongkan”